MANUEL DE CHIMIE, OU PRECIS ELEMENTAIRE DE CETTE SCIENCE...

Jean René Denis Alexandre Riffault



MANUEL

DE

CHIMIE.

Laboratoire économique
de Guyton-Morveau.



MANUEL

DE

CHIMIE,

OU

PRÉCIS ÉLÉMENTAIRE DE CETTE SCIENCE

DANS L'ÉTAT ACTUEL DE NOS CONNAISSANCES;

PAR M. J. RIFFAULT,

Ex-régisseur-général des Poudres et Salpêtres, Membre de la Légion-d'Honneur, traducteur de la Chimie de Thompson, du Dictionnaire de Chimie de Andrew Ure, etc. etc. etc.





PARIS,

RORET, LIBRAIRE, RUE HAUTEFEUILLE,

AU COIN DE CELLE DU BATTOIR.

1825.



AVANT-PROPOS.

En traitant, dans ce Manuel, des corps *impondérables*, j'ai cru ne pouvoir mieux faire que d'y relater l'extrait que M. Fresnel, aujourd'hui membre de l'Académie des Sciences de l'Institut, eut, dans le temps, la complaisance de faire pour moi, de ses divers mémoires lus à cette Société savante sur la lumière. J'y ai également inséré, dans leur entier, les très intéressans articles de M. le docteur Ure, sur le calorique et sur l'électricité. Il m'a semblé que je ne pouvais présenter ainsi d'une manière plus satisfaisante et plus complétement instructive, l'histoire de ces corps.

MANUEL DE CHIMIE.

OBJET DE LA CHIMIE.

La chimie est la science qui apprend à connaître l'action intime que tous les corps de la nature exercent les uns sur les autres, et à déterminer les changemens permanens auxquels cette action réciproque peut donner lieu.

Parmi les corps naturels, on appelle *corps simulés* ou *élémens*, ceux en très petit nombre dont on n'est point encore parvenu à séparer de principes, ou dont on n'a pu, par quelque moyen que ce soit, retirer qu'une seule sorte de matière; et l'on donne le nom de *corps composés* à ceux qui existent au contraire en très grand nombre, dont, en les traitant convenablement, on peut obtenir plusieurs sortes de matières de nature différente. Ainsi, par exemple, l'or est un corps simple, pouvant être considéré comme élément, parce que, de quelque manière qu'on le traite, on n'en obtient que de l'or; le gypse est un corps composé, parce qu'on peut en retirer de l'acide sulfurique, de la chaux et de l'eau.

La chimie n'a que deux moyens pour parvenir au but qu'elle se propose, et que nous venons d'indiquer; il faut, ou qu'elle décompose les corps afin de rechercher quels sont les principes qui les

forment par leur réunion, ou qu'elle les unisse, qu'elle les combine, pour étudier leur action réciproque; c'est donc à la *décomposition des corps*, ou *à leur analyse*, et à la réunion de leurs principes pour en opérer la comparaison, ou à la *synthèse*, que se réduisent toutes les opérations chimiques.

On ne peut remplir cet objet important sans s'aider d'une *force naturelle*, dont les effets s'exercent sur tous les corps, et cette force est l'*attraction*.

DE L'ATTRACTION.

Tous les corps s'attirent plus ou moins; tout dans la nature semble lié par l'attraction; elle varie dans ses effets, cause des changemens, établit l'équilibre, et excite dans les corps inanimés une tendance à la combinaison, qui se fait sentir et remarquer partout.

Cette force d'attraction universelle à laquelle tous les grands corps qui constituent notre système solaire obéissent, qui les fait tendre continuellement à se porter les uns vers les autres, qui retient les planètes dans leurs orbites et règle leur mouvement, se distingue particulièrement de l'attraction en général, lorsqu'elle s'exerce ainsi sur des masses considérables, par la désignation d'attraction de *gravitation;* elle est alors du ressort de la physique. C'est au physicien qu'il appartient d'expliquer les lois au moyen desquelles elle imprime, dirige ou retarde le mouvement des corps célestes; mais le chimiste, dont les expériences se font ordinairement sur des masses très peu considérables en comparaison des globes de cet univers, s'occupe à étudier les lois, les effets de cette même force modifiée, et s'attache à suivre les phénomènes que présente dans sa marche et dans son action l'*attraction chimique*.

Le changement que l'attraction produit sur les

corps, est une diminution de la distance qui les sépare. Or, les distances entre les corps sont de deux sortes; elles sont ou trop petites pour être apercevables par nos sens, ou assez grandes pour pouvoir être facilement reconnues et appréciées. Dans le premier cas, l'effet de l'attraction ne doit pas se manifester d'une manière sensible, tandis que dans l'autre le changement de distance est visible. Ainsi les attractions des corps en ce qui nous concerne, se divisent naturellement en deux classes : 1°. celles qui s'exercent à des distances sensibles; 2°. celles qui ont lieu à des distances imperceptibles. La première classe de ces attractions ne s'applique évidemment qu'à ceux des corps qui sont en masses de grandeur sensible; dans la seconde, les attractions doivent se borner aux molécules des corps, parce que ce n'est qu'à l'égard de ces molécules seulement, que la distance qui existe entre elles est imperceptible.

On a particulièrement distingué par le nom d'*affinité*, cette classe d'attractions qui se bornent aux molécules de la matière, et l'on a plus généralement restreint la signification du terme *attraction* aux cas où cette force agit à distance sensible. Mais il y a deux espèces de molécules de la matière, elles sont ou *homogènes* ou *hétérogènes*. Par molécules homogènes, on entend désigner celles qui composent le même corps, ainsi toutes les molécules du fer sont homogènes; la dénomination de molécules hétérogènes s'applique à celles qui entrent dans la composition de corps différens, ainsi une molécule de fer et une moléeule de plomb sont des molécules hétérogènes.

L'affinité homogène porte les molécules homogènes à tendre les unes vers les autres, et les maintient à des distances insensibles; c'est par l'effet de cette force que les corps sont presque toujours à l'état d'union, de manière à former des

masses de grandeur sensible. On désigne ordinairement cette espèce d'affinité par le terme de *cohésion*, et quelquefois par celui d'*adhésion*, lorsque c'est seulement par leurs surfaces que les corps s'attachent les uns aux autres.

C'est par l'affinité hétérogène que les molécules hétérogènes se portent les unes vers les autres, et sont maintenues à des distances insensibles. C'est de cette force que résulte la formation de nouvelles molécules intégrantes, composées d'un certain nombre de molécules hétérogènes. Ce sont ces nouvelles molécules intégrantes qui, se trouvant ensuite unies par cohésion, forment des masses de corps composés. Ainsi, une molécule intégrante d'eau est formée de molécules d'oxigène et d'hydrogène qui se pressent entre elles, et sont maintenues à une distance insensible par affinité hétérogène; et une masse d'eau est composée d'un nombre indéfini de molécules intégrantes de ce fluide, poussées les unes vers les autres par affinité homogène.

On appelle aussi l'attraction, lorsqu'elle tend à réunir des *molécules semblables*, attraction d'aggrégation. Enfin, lorsque l'attraction agit sur des *molécules dissemblables*, elle prend le nom d'*attraction de composition* ou *attraction chimique*. C'est de cette espèce d'attraction que le chimiste doit principalement s'occuper, puisque c'est par elle que s'effectuent les *compositions* et *décompositions chimiques*.

DE L'ÉTAT DES CORPS.

C'est l'attraction d'aggrégation qui modifie l'état des corps, et détermine l'ordre dans lequel cette espèce d'attraction range leurs molécules. Lorsque l'aggrégation qui unit ces molécules est assez forte pour opposer de la résistance à ce qui tendrait à détruire cette union, alors le corps est *solide*; si

cette même aggrégation des molécules n'offre que très peu de difficulté à vaincre pour les séparer, dans ce cas, elles roulent et glissent les unes sur les autres avec la plus grande facilité, le corps est alors *liquide* ou *fluide*; lorsqu'enfin l'aggrégation est si faible que les molécules sont divisées entre elles, de manière à se séparer sans le moindre effort et devenir presque invisibles, cette aggrégation forme un *fluide aériforme*, un *fluide élastique gazeux* ou *gaz*. On voit donc ainsi que toute la matière qui constitue le globe que nous habitons peut être considérée comme consistant dans des corps dans les différens états de corps solides, de corps liquides ou fluides, et de corps aériformes ou gazeux. Outre ces trois classes de corps, on en a établi une quatrième, qu'on a distinguée par la dénomination de corps *impondérables*, parce qu'on ne peut les saisir, les peser ni les mesurer.

DES CORPS IMPONDÉRABLES.

Les corps de cette espèce sont au nombre de quatre seulement, savoir : *la lumière*, *le calorique*, *l'électricité* et *le magnétisme*; et comme, parmi ces quatre corps impondérables, il en est trois qui sont généralement répandus, qui jouent un rôle remarquable dans presque tous les phénomènes chimiques, et qu'il faut connaître leurs propriétés pour pouvoir bien apprécier les propriétés des autres corps, il nous paraît convenable de nous occuper d'abord de ce qui concerne les quatre corps impondérables.

DE LA LUMIÈRE.

Tout le monde est familiarisé avec la lumière du soleil, avec celle que donne une chandelle ou d'autres corps lorsqu'ils brûlent; chacun sait aussi que c'est par le moyen de la lumière que les corps

sont rendus visibles. Roemer, physicien danois, démontra le premier que la lumière emploie environ seize minutes à traverser l'orbite de la terre; et que, par conséquent, elle parcourt plus de 32,000 myriamètres par seconde. M. A. Fresnel, ingénieur des ponts et chaussées, qui s'est beaucoup occupé depuis quelques années de recherches sur la lumière, a présenté à l'Académie des Sciences de l'Institut, dont depuis il a été nommé membre, différens mémoires sur ce sujet; en 1822, il voulut bien se charger de rédiger lui-même un extrait de ces savans mémoires, pour être inséré dans le supplément à ma traduction de la cinquième édition du Système de Chimie, par M. Th. Tompson, que je fis alors publier.

Les physiciens sont, dit-il dans cet extrait, depuis long-temps partagés sur la nature de la lumière. Les uns supposent qu'elle est lancée par les corps lumineux, et les autres, qu'elle résulte des vibrations d'un fluide élastique infiniment subtil répandu dans l'espace, comme le son des vibrations de l'air; le système des ondulations, qui est dû au génie de Descartes, et que Huygens a plus habilement suivi dans ses conséquences, a été aussi adopté par Euler, et dans ces derniers temps par le célèbre docteur Thomas Young, auquel l'optique doit beaucoup de découvertes importantes. Le système de l'émission, ou celui de Newton, soutenu par le grand nom de son auteur, et je dirais presque par cette réputation d'infaillibilité que son immortel ouvrage des Principes lui avait acquise, a été plus généralement adopté. L'autre hypothèse paraissait même entièrement abandonnée, lorsque M. Young l'a rappelée à l'attention des physiciens, par des expériences curieuses qui en présentent une confirmation frappante, et semblent en même temps bien difficiles à concilier avec le système de l'émission.

Les phénomènes nouveaux, comparés aux faits antérieurement connus, augmentent tous les jours les probabilités en faveur du système des ondulations. Quoique négligé depuis long-temps, et plus difficile à suivre dans ses conséquences mécaniques, il fournit déjà des moyens de calculs plus étendus. C'est un des caractères les moins équivoques de la réalité d'une théorie. Quand une hypothèse est vraie, elle doit conduire à la découverte des rapports numériques qui lient entre eux les faits les plus éloignés; lorsqu'elle est fausse, au contraire, elle peut représenter à la rigueur les phénomènes pour lesquels elle a été imaginée, comme une formule empirique représente les mesures entre les limites desquelles elle a été calculée; mais elle ne saurait dévoiler les nœuds secrets qui unissent ces phénomènes à ceux d'une autre classe.

Ainsi, par exemple, M. Biot, en cherchant avec autant de sagacité que de persévérance les lois des beaux phénomènes de coloration que M. Arago avait découverts dans les lames cristallisées, reconnut que les teintes suivaient, à l'égard de leurs épaisseurs, des lois analogues à celles des anneaux colorés, c'est-à-dire, que les épaisseurs de deux lames cristallisées de même nature, qui donnaient deux teintes quelconques, étaient dans le même rapport que les épaisseurs des lames d'air qui réfléchissaient des teintes semblables dans les anneaux colorés. Cette relation, indiquée par l'analogie indépendamment de toute autre idée théorique, était déjà sans doute très remarquable et très importante; mais M. Young a été plus loin à l'aide du principe des interférences, qui est une conséquence immédiate du système des ondulations. Il a découvert une relation bien plus intime encore entre ces deux classes de phénomènes; c'est que la différence de marche entre les rayons qui ont été réfractés ordinairement dans une lame cristal-

lisée, et ceux qui ont éprouvé la réfraction extraordinaire, est précisément égale à la différence des chemins parcourus par les rayons réfléchis à la première et à la seconde surface de la lame d'air qui donne la même teinte que la lame cristallisée; et ce n'est plus ici un simple rapport, mais une identité.

Je pourrais ajouter encore que les lois, si compliquées en apparence, des phénomènes de la diffraction, que l'on avait vainement essayé de deviner avec les secours réunis de l'expérience et du système de l'émission, ont été indiquées dans toute leur généralité par les principes les plus simples de la théorie des ondulations. Sans doute, l'observation a concouru aussi à cette découverte; mais seule elle ne l'aurait pas faite, tandis que sur ce sujet comme sur plusieurs autres, la théorie des ondulations pouvait à la rigueur devancer l'expérience, et annoncer d'avance les faits avec toutes leurs particularités.

Les résultats que nous venons de citer prouvent suffisamment que le choix d'une théorie n'est point indifférent; son utilité ne se borne pas à faciliter l'étude des faits en les réunissant par groupes plus ou moins nombreux, d'après leurs rapports les plus frappans. Un autre but non moins important d'une bonne théorie, doit être de contribuer à l'avancement de la science, à la découverte des faits et des rapports entre les classes de phénomènes les plus distinctes et les plus indépendantes les unes des autres. Or, il est clair qu'en partant d'une hypothèse imaginaire sur la cause de la lumière, on n'atteindra pas aussi promptement le but que si l'on était à cet égard dans le secret de la nature. La théorie dont l'hypothèse fondamentale est vraie, quelque rebelle qu'elle soit d'ailleurs à l'analyse mathématique, indiquera même entre les faits les plus éloignés des relations

intimes, qui seraient toujours restées inconnues dans l'autre système; ainsi, sans parler du désir naturel qu'on doit avoir dans tous les cas de connaître la vérité, on voit combien il est intéressant pour les progrès de l'optique et de tout ce qui s'y rattache, c'est-à-dire de la physique et de la chimie entières, de savoir si les molécules lumineuses sont lancées des corps qui nous éclairent jusqu'à nos yeux, ou si la lumière est propagée par les vibrations d'un fluide intermédiaire, auquel les particules de ces corps communiquent leurs oscillations. Et qu'on ne suppose pas que c'est une de ces questions à la solution desquelles il est impossible d'arriver; parce qu'elle a paru long-temps indécise, il ne faut pas en conclure qu'elle ne peut être décidée. Nous pensons même qu'elle l'est déjà, et qu'après avoir comparé attentivement les deux systèmes, et les explications qu'ils donnent des phénomènes connus jusqu'à présent, on ne saurait méconnaître la supériorité de la théorie des ondulations.

Ici M. Fresnel fait observer que les limites dans lesquelles il est obligé de se restreindre pour cet extrait, ne lui permettront pas d'entrer dans le détail des calculs; mais il annonce qu'après avoir expliqué, pour chaque question physique, comment elle devient un problème mathématique, il fera connaître les résultats de l'analyse.

C'est par suite de ces savantes recherches de M. Fresnel sur la lumière, que les opinions restées pendant si long-temps indécises entre la théorie de l'émission et celle des ondulations, vient d'être définitivement fixée, que la supériorité de la théorie des ondulations, trop long-temps méconnue, a été complétement et irrésistiblement démontrée; et enfin, que c'est d'après cette théorie des ondulations, que la physique sera désormais

enseignée dans les écoles du gouvernement et les cours publics.

La manière dont les corps sont affectés par la lumière, étant un objet de considération qui concerne principalement et plus particulièrement la physique, nous devons nous borner à ne parler ici que de ses rapports chimiques, et ces rapports, on peut convenablement les comprendre tous dans les quatre chapitres suivans :

1°. De la puissance moyenne de réfraction et de dispersion ;

2°. De laction des différentes couleurs du prisme sur la matière chimique;

3°. De la polarisation de la lumière ;

4°. De l'absorption et dégagement de la lumière ou phosphorescence.

1. Newton découvrit le premier que certains corps exercent sur la lumière une force attractive particulière. Lorsqu'un rayon de lumière passe obliquement de l'air, ou d'un milieu moins dense dans un milieu quelconque plus dense, il éprouve, en entrant dans ce milieu plus dense, une courbure en angle qui s'appelle *réfraction*. La différence de cette déviation du rayon de son chemin en ligne droite, dépend, pour toute substance particulière, de l'obliquité de ce rayon relativement à la surface qui lui fait éprouver la réfraction; de manière que le sinus de l'angle de réfraction est au sinus de l'angle d'incidence dans un rapport constant. Or, Newton trouva que des corps résineux, huileux, ou inflammables, faisaient éprouver aux rayons lumineux une déviation plus grande que celle à laquelle, d'après leur masse attractive ou densité, on avait lieu de s'attendre. Il en conjectura que le diamant et l'eau contenaient l'un et l'autre une matière combustible. — Anticipation d'une découverte future en chimie, due, dès lors, au génie et à la sagacité de ce savant.

Le docteur Wollaston inventa un appareil très ingénieux, dans lequel, au moyen d'un prisme rectangulaire de flintglass, l'index de réfraction de chaque substance se voit tout de suite par un vernier, les trois côtés d'un triangle mobile effectuant les opérations de réduction d'une manière très expéditive. — *Phil. Trans.*, 1802, ou *Nicholson's Journal*, in-8. Vol. IV, p. 89.

Mais les milieux transparens n'occasionnent pas seulement une certaine courbure, du rayon solaire de lumière blanche, appelée la *réfraction moyenne*, ils décomposent également ce rayon dans les différentes couleurs qui le constituent. On désigne cet effet en le nommant *dispersion*. Or, les puissances réfractive et dispersive moyennes des corps ne sont pas proportionnelles entre elles. Dans quelques uns des milieux qui réfractent ou sont réfringens, l'angle moyen de réfraction est plus grand, tandis que l'angle de dispersion est plus petit; et dans d'autres milieux réfringens, l'angle moyen de réfraction est plus petit, tandis que l'angle de dispersion est plus grand. Il résulte de cela, que la connaissance du pouvoir moyen de réfraction d'une substance donnée, ne nous mettra pas en état de déterminer son pouvoir de dispersion, *et vice versâ*.

On peut, dans un grand nombre de cas, inférer la constitution chimique de corps de leur pouvoir de réfraction. Si l'on soumet des huiles essentielles à l'examen pour en reconnaître le degré de pureté, l'instrument du docteur Wollaston peut être d'un emploi très utile, à raison de la petite quantité qu'exige l'essai. Dans l'examen de l'huile de girofle, par exemple, le docteur Ure dit avoir éprouvé une grande différence : le pouvoir de réfraction de l'huile naturelle de girofle est aussi élevé que 1,585; mais il avait acheté, sous le nom d'huile de girofle, une huile dont le pouvoir de

réfraction n'excédait pas 1,498, et qui probablement avait été falsifiée par un mélange avec quelque huile d'un pouvoir de réfraction moindre.

M. Biot a fait, relativement aux composés gazeux, une heureuse application de la belle idée suggérée par le docteur Wollaston.

Table I. — *Pouvoirs réfringens des gaz pour la température de 0 et la pression de 0,76, par MM. Biot et Arago.*

	Pouvoirs réfringens des gaz, celui de l'air étant 1.
Air atmosphérique	1,00000
Oxigène	0,86161
Azote	1,03408
Hydrogène	6,61436
Ammoniaque	2,16851
Acide carbonique	1,00476
Hydrogène carburé	2,09270
Gaz acide muriatique	1,19625

Table II. — *Pouvoirs de dispersion.*

Cryolite	Brewster.	0,022
Spath fluor	*Idem.*	0,022
Eau	*Idem.*	0,035
Diamant	*Idem.*	0,038
Flint-gras (au plus haut degré)	*Idem.*	0,052
Carbure de soufre	*Idem.*	0,115
Phosphore	*Idem.*	0,128
Soufre	*Idem.*	0,150
Huile de cassia	*Idem.*	0,139
Réalgar	*Idem.*	0,255
Chromate de plomb (réfr. la plus faible)	*Idem.*	0,262
Idem (réfr. la plus forte)	*Idem.*	0,400

Le carbure de soufre excède en pouvoir réfringent celui de tous les corps fluides. Il surpasse même le pouvoir réfringent du flintglass, de la

topaze et de la tourmaline; et sa faculté de dispersion excède celle de toute substance fluide, à l'exception de l'huile de cassia, tenant une place intermédiaire entre le phosphore et le baume de tolu.

Le docteur Brewster a fait voir de plus, que tous les cristaux à double réfraction ont deux pouvoirs de dispersion.

Il paraît, d'après la table I, que le pouvoir réfringent du gaz hydrogène surpasse de beaucoup, non seulement celui des autres gaz, mais encore celui de tous les corps connus. Ce principe existe en grande abondance dans les résines, les huiles et les gommes, corps dans lesquelles il est à l'état d'union avec le carbone et l'oxigène; et c'est probablement à la présence de l'hydrogène en grande proportion dans ces combustibles, qu'il nous faut attribuer leur haut degré de pouvoir réfringent, ainsi que Newton en fit la si judicieuse observation. Cet effet de la présence de l'hydrogène se fait sensiblement remarquer dans l'ammoniaque, dont le pouvoir réfringent est plus que le double de celui de l'air, et de beaucoup supérieur à celui de l'eau.

Mais puisque chaque substance devrait introduire dans ses combinaisons son caractère particulier, et y conserver jusqu'à un certain degré la force avec laquelle elle agit sur la lumière, essayons de calculer sous ce point de vue l'influence de réfraction des parties constituantes d'un composé. D'après la connaissance que nous avons de la ténuité extrême de la lumière, il est probable que l'influence d'une condensation chimique médiocre ne devrait affecter que très légèrement ses effets. Car, que la lumière soit un éther ou une émanation corpusculaire, l'excessive petitesse de ses particules, comparée aux distances entre les molécules des corps, devrait rendre sans aucune importance le changement de distance parmi ces

molécules. Par conséquent, les pouvoirs réfringens des corps ne devraient différer que de très peu de ceux de leurs élémens, à moins qu'une très grande condensation n'ait lieu.

Il s'ensuit qu'en multipliant respectivement les proportions d'azote et d'oxigène, par leurs pouvoirs réfringens, on obtiendra des produits dont les sommes coïncideront avec le pouvoir réfringent de l'atmosphère. Ainsi 100 parties en poids de l'atmosphère, consistant en 77,77 d'azote et 22,22 d'oxigène, si nous multiplions chacun de ces nombres par le nombre représentant le pouvoir réfringent du corps, et faisant une petite correction pour le gaz acide carbonique présent, nous aurons pour la somme des produits 1,0000.

Cependant l'ammoniaque fournit un exemple plus intéressant de ces principes.

Le pouvoir réfringent de l'hydrogène est 6,61456
Celui de l'azote. 1,03408
Celui de l'ammoniaque. 2,16851

Soit x le poids du constituant dont le pouvoir réfringent est. . . . . a
$y = 100 - x =$ celui dont le pouvoir réfringent est b,
et appelez le pouvoir réfringent du composé. . c.

Alors $x z \dfrac{c - b}{a - b}$. Dans le cas présent,

$x = \dfrac{2,16851 - 1,03408}{6,61436 - 1,03408} = 0,203$, et $100 - x =$ 0,797 = l'azote dans 100 parties d'ammoniaque, ce qui peut être regardé comme une approximation. Les véritables proportions données par les rapports équivalens sont 0,823 azote + 0,177 hydrogène. Si le pouvoir réfringent de l'ammoniaque était 2,0218, alors les analyses chimique et optique coïncideraient.

Si nous calculons, d'après les données ci-dessus, quel devrait être le pouvoir réfringent de l'eau,

comme étant un composé de 8 parties d'oxigène + 1 partie d'hydrogène, nous obtiendrons le nombre 1,50065, qui, étant multiplié par 0,45302, le pouvoir réfringent absolu de l'air, lorsqu'on prend la densité de l'eau pour unité, nous aurons un produit = 0,67984. Or, suivant l'estimation de Newton, que M. Biot a reconnue exacte, le pouvoir réfringent de l'eau est 0,7845. On voit donc que le composé a acquis par condensation une force réfringente supérieure à celle moyenne de ses constituans, dans le rapport de 100 à 86 $\frac{2}{3}$.

Les rayons de lumière, en traversant le plus grand nombre des corps cristallisés, se partagent communément en deux pinceaux ou faisceaux, dont l'un, qui s'appelle le rayon ordinaire, suit les lois communes de réfraction, conformément aux tables précédentes, tandis que l'autre, appelé le rayon extraordinaire, obéit à des lois différentes. Ce phénomène se produit dans tous les cristaux transparens, dont la forme primitive n'est ni un cube, ni un octaèdre régulier. La division du rayon est plus ou moins grande, selon la nature du cristal et la direction dans laquelle il est coupé. Mais, de toutes les substances connues qui produisent ce phénomène, le carbonate de chaux rhomboïdal, ordinairement appelé spath d'Islande, est celle dans laquelle il se manifeste de la manière la plus énergique.

2. *De l'action des différens rayons colorés.* — Si après avoir admis, dans une chambre où l'on a fait l'obscurité et au moyen d'un petit trou pratiqué dans le volet d'une fenêtre, un rayon solaire de lumière blanche, on fait passer ce rayon à travers un prisme de verre triangulaire, il se divisera en un certain nombre de couleurs brillantes qu'on peut recevoir sur une feuille de papier. Newton reconnut, que si cette image colorée, que l'on appelle spectre, est divisée dans sa totalité, en 360

parties, le rouge occupera 45 de ces parties; l'orangé 27, le jaune 48, le vert 60, le bleu 60, l'indigo 40, et le violet 80. Les rayons rouges étant ceux qui éprouvent par le prisme le moins de courbure de la direction du rayon blanc, sont considérés comme étant les rayons les moins réfractés ou les moins réfrangibles; tandis que les rayons violets, toujours situés à l'extrémité opposée du spectre, sont désignés comme étant les plus réfrangibles. Suivant le docteur Wollaston, lorsqu'un rayon de lumière, large seulement de $\frac{1}{10}$ de pouce (environ $1^{mm}26$), est reçu par l'œil à la distance de 10 pieds (environ 3 mètres) à travers un prisme net de flintglass, le spectre ne présente que quatre couleurs seulement; le rouge, le vert jaunâtre, le bleu et le violet.

Si ces rayons de lumières diversement colorés, ainsi séparés par le prisme, sont concentrés sur un point, au moyen d'une lentille, ils reproduiront la lumière incolore, ou lumière blanche. Newton attribue les différentes couleurs des corps à la faculté qu'ils ont d'absorber toutes les couleurs primitives à l'exception de celle particulière qu'ils réfléchissent, couleur, par conséquent, sous laquelle ils nous apparaissent à la vue.

Les rayons de lumière diversement colorés, diffèrent beaucoup entre eux, suivant sir William Herschell, dans leurs facultés d'éclairer les objets. Le vert le plus clair, ou le jaune le plus foncé, qui se rapprochent davantage du milieu du spectre, répandent plus de lumière sur une page d'impression qu'aucun autre des rayons situés de l'un ou l'autre côté du spectre, à partir de ce milieu. Sir H. Davy remarque, qu'il y a *plus* de rayons verts dans une portion donnée du spectre, que de rayons bleus; la différence dans le pouvoir d'illumination peut dépendre de cette circonstance. Les rayons séparés par un prisme ne sont plus suscep-

tibles d'éprouver de division par leur passage à travers un autre prisme; et dans les circonstances de leur double réfraction et réflexion, ils semblent se rapporter à la lumière directe. Un objet éclairé par l'un quelconque des rayons dans le spectre, est vu double dans le cristal d'Islande, de la même manière que s'il eût été visible par lumière blanche.

Sir H. Englefield et M. Berard ont confirmé les résultats de sir W. Herschell, relativement à l'accroissement progressif de l'influence calorifique de l'extrémité du spectre se terminant par le rayon violet à l'extrémité formée par le rayon rouge; et ils ont aussi trouvé, comme Herschell, qu'il s'étendait une influence calorifique au-delà de la limite de la lumière rouge dans l'espace non éclairé. Cependant, M. Berard observa que le maximum d'effet était dans la lumière et non *au-delà*. Cet ingénieux physicien fit passer un pinceau du rayon solaire à travers un prisme de spath d'Islande. La division des rayons forma deux *spectres* qui présentaient les mêmes propriétés que le spectre seul. Ils jouissaient l'un et l'autre de la même vertu calorifique, de la même manière, et au même degré. M. Berard polarisa un rayon de lumière réfléchi d'un miroir, et il trouva que, dans toutes les positions dans lesquelles la lumière cessait d'être réfléchie, la chaleur cessait aussi de se manifester; le thermomètre placé au foyer de l'appareil, n'était plus alors affecté. On voit donc ainsi, que le même principe qui donne la chaleur obscure, accompagne les molécules lumineuses, et obéit aux mêmes lois d'action.

Si l'on expose à l'action des différens rayons dans le spectre prismatique de la *lune cornée* blanche, le muriate d'argent (chlorure d'argent) humecté, on trouvera qu'aucun effet n'est produit sur ce corps dans les rayons les moins réfrangibles, qui occa-

sionnent de la chaleur sans lumière; que les rayons rouges n'opéreront qu'une légère décoloration; que le pouvoir de noircir sera plus grand dans le rayon violet que dans aucun autre; et qu'au-delà du rayon violet, dans un espace parfaitement obscur à nos yeux, l'action dont l'effet tend à noircir, sera manifeste sur la surface du chlorure d'argent.

Cette belle observation, due à M. Ritter et au docteur Wollaston, prouve qu'il existe des rayons plus réfrangibles que les rayons produisant chaleur et lumière. Comme il paraît, d'après les observations de Berthollet, qu'il se forme du gaz acide muriatique, lorsque de l'argent corné (chlorure d'argent) est noirci par la lumière, les rayons plus réfrangibles ci-dessus peuvent être appelés rayons hydrogénans. Sir H. Davy trouva que, dans un mélange de chlore et d'hydrogène, l'action entre eux de ces principes, se combinant sans explosion, était plus rapide lorsque le mélange était exposé aux rayons rouges que lorsqu'il était placé dans les rayons violets; mais que de la dissolution de chlore dans l'eau devenait le plus rapidement dissolution d'acide muriatique, étant placée dans les rayons les plus réfrangibles du spectre. Sir H. Davy observa aussi que l'oxide puce de plomb, étant humecté, passait par degrés à une teinte rouge dans les rayons les moins réfrangibles, et finissait par y devenir noir; mais que cet oxide n'était pas affecté dans les rayons les plus réfrangibles. Le même changement était produit lorsqu'on exposait cet oxide puce de plomb à un courant de gaz hydrogène. L'oxide de mercure provenant du protochlorure de ce métal et d'eau de potasse, étant exposé dans le spectre, n'éprouvait pas de changement dans les rayons les plus réfrangibles; mais dans les moins réfrangibles, il devenait rouge, ce qui doit être résulté de l'absortion d'oxigène. Les

rayons violets produisaient sur l'oxide rouge de mercure humecté, le même effet que le gaz hydrogène.

Le docteur Wollaston trouva que du gaïac, exposé dans les rayons violets, passait rapidement du jaune au vert; et MM. Gay-Lussac et Thénard soumettaient un mélange gazeux d'hydrogène et de chlore à la même influence, celle des rayons violets, lorsque ce mélange fit immédiatement explosion. En plaçant, dans les différentes parties du spectre, de petits morceaux de carte recouverts de chlorure d'argent, ou de petites fioles de gaz hydrogène et chlore mélangés, M. Berard vérifia les premières observations de l'accroissement au maximum du pouvoir chimique dans le rayon violet, et même de l'existence de ce pouvoir au-delà de ce rayon; mais il trouva aussi qu'en laissant pendant un temps suffisant les réactifs dans les rayons indigo et bleu, il se produisait sur ces réactifs un effet sensible. M. Berard concentra, au moyen d'une lentille, toute cette portion du spectre, qui s'étend du vert à la limite extrême du violet; et par une autre lentille, il rassembla l'autre moitié du spectre comprenant le rouge. Cette dernière portion du spectre forma le foyer d'une lumière blanche, si brillante, que l'œil n'en pouvait soutenir l'éclat; cependant il ne se produisit, au bout de deux heures, aucun changement sensible sur le muriate d'argent; au contraire, le foyer de l'autre moitié du spectre, dont la lumière et la chaleur étaient moins intenses, rendit noir le muriate en dix minutes. D'après les recherches de M. Delaroche, nous sommes, jusqu'à un certain point, en état de rapporter ces effets dissemblables de lumière à un principe commun. (*Voyez* CALORIQUE.)

Dans la dernière leçon bakérienne de M. Brande,

sur la composition de l'analyse des gaz de houille et d'huile, cet ingénieux chimiste fait voir que la lumière produite par ces gaz, ou par le gaz oléfiant, lors même qu'ils sont concentrés de manière à produire un degré sensible de chaleur, n'occasionnait pas de changement sur la couleur du muriate d'argent, non plus que sur un mélange de chlore et d'hydrogène; tandis que la lumière émise par du charbon électrisé affecte promptement le muriate, détermine l'union rapide de ces gaz, et quelquefois avec explosion. La lumière concentrée de la lune, comme celle des gaz, ne produit aucun changement. M. Brande termine par observer qu'ayant reconnu que le photomètre de M. Leslie était sans efficacité, il en employa un rempli avec de la vapeur d'éther (qu'on pouvait renouveler au moyen d'une colonne de ce liquide) et il trouva qu'il était plus sensible.

Les faits généraux, dit sir H. Davy, de la réfraction et les effets du rayon solaire, offrent de l'analogie avec ceux que présente l'électricité. Dans le circuit voltaïque, le maximum de chaleur semble résider au pôle positif où le pouvoir de combinaison avec l'oxigène est donné aux corps, et l'action en vertu de laquelle des corps sont rendus inflammables, s'exerce à la surface opposée; et des effets chimiques semblables sont produits par l'électricité négative et par les rayons les plus réfrangibles du rayon solaire. En général, les effets des rayons solaires sont très compliqués dans la nature. La vigueur de la végétation dépend de la présence des rayons solaires, ou de la lumière; et, tandis que la chaleur donne de la fluidité et du mouvement aux sucs végétaux, des effets chimiques sont également produits; il s'en sépare de l'oxigène, et des composés inflammables sont for-

més. Les plantes privées de lumière blanchissent et contiennent un excès de molécules sucrées et aqueuses ; et les fleurs doivent la variété de leurs nuances de couleurs à l'influence des rayons solaires. Les animaux même ont besoin de la présence des rayons du soleil, et leurs couleurs semblent matériellement dépendre de l'influence chimique de ces rayons ; en comparant entre eux des animaux vivant sous les pôles et sous les tropiques, ainsi que les parties de leurs corps exposées à la lumière, et celles qui ne le sont pas, on reconnaît la justesse de cette opinion.

3. *Polarisation de la lumière.* — Cette nouvelle branche de la science de l'optique est due au génie de Malus. Elle a été, depuis, principalement cultivée en France, par MM. Biot, Arago et Fresnel, et en Angleterre par le docteur Brewster. M. Herschell s'est fait comprendre en dernier lieu dans cette liste, sous des très favorables auspices.

Si un rayon solaire tombe sur la surface antérieure d'un miroir plan non étamé, en formant avec ce miroir plan un angle de 35° 25′, le rayon sera réfléchi suivant une ligne droite, de manière que l'angle de réflexion sera égal à l'angle d'incidence. Dans un point quelconque du trajet de ce rayon réfléchi, recevez-le sur un autre plan de verre semblable, il y subira encore, en général, une seconde réflexion partielle. Mais cette réflexion deviendra nulle, si le second plan de verre forme aussi un angle de 35° 25′ avec le premier rayon réfléchi, et s'il est tourné en même temps de manière que la seconde réflexion se fasse dans un plan perpendiculaire au plan dans lequel la première réflexion s'est opérée. Pour mieux rendre sensibles ces phénomènes de réflexion, supposez que le plan d'incidence du rayon sur le premier verre coïncidence avec le plan du mériden, et que le rayon réfléchi est vertical. Alors, si l'on

fait faire une révolution au second plan incliné, il tournera autour du rayon réfléchi, en formant toujours avec lui le même angle; et le plan dans lequel s'opère la seconde réflexion se trouvera nécessairement dirigé vers les divers points de l'horizon, dans les différens azimuts. D'après cet arrangement, on observera les phénomènes suivans :

Lorsque le second plan de réflexion est dirigé dans le méridien, et par conséquent coïncide avec le premier, l'intensité de la lumière réfléchie par la seconde glace est à son maximum.

En proportion de ce que ce second plan, dans sa révolution, s'éloigne d'être parallèle au premier, l'intensité de la lumière diminuera.

Enfin, lorsque le second plan de réflexion est dirigé dans le vertical d'Est et Ouest, et par conséquent perpendiculaire au premier, l'intensité de la réflexion de lumière est absolument nulle sur les deux surfaces de la seconde glace, et le rayon est transmis en totalité.

Si, en maintenant le second plan de réflexion incliné de la même manière à l'horizon, l'on continue à lui faire faire une révolution au-delà du premier quart de la circonférence, les phénomènes se reproduiront dans un ordre inverse; c'est-à-dire que l'intensité de la lumière croîtra précisément comme elle avait diminué, et deviendra égale, à distances égales, du vertical d'Est et Ouest. Il s'ensuit que le second plan de réflexion revient de nouveau dans le méridien, ou arrive à un second maximum d'intensité égal au premier.

D'après ces expériences, il paraît que le rayon réfléchi par la première glace, n'est point réfléchi par la seconde, sous cette incidence, quand il se présente à elle par ses pans Est et Ouest; mais qu'il est réfléchi, au moins en partie, lorsqu'il est présenté à la glace par deux autres quelconques

de ses pans opposés. Or, si nous considérons le rayon comme une succession infiniment rapide d'une série de molécules lumineuses, les pans du rayon ne sont simplement que la suite des pans de ces molécules. Il en faut donc conclure que ces molécules ont des faces douées de propriétés physiques différentes ; et que, dans la circonstance présente, la première réflexion a tourné vers les mêmes côtés de l'espace, des faces semblables, ou au moins des faces également douées de la propriété dont il s'agit. C'est cet arrangement de molécules que Malus nomma *polarisation* de la lumière, assimilant l'effet de la première glace à celui d'un aimant qui tournerait les pôles d'une série d'aiguilles magnétiques, toutes dans la même direction.

On a jusqu'à présent supposé que le rayon, soit incident, soit réfléchi, formait avec les deux miroirs plans ou les deux glaces, un angle de 35° 25′ ; car c'est seulement sous cet angle que le phénomène est complet. Si, sans changer l'inclinaison du rayon sur la première glace, on fait varier tant soit peu l'inclinaison de la seconde, l'intensité de la lumière réfléchie n'est plus nulle dans aucun azimut ; mais elle devient la plus faible possible dans le vertical d'Est et Ouest, où auparavant elle était nulle.

On peut produire des phénomènes semblables, en substituant aux miroirs ou glaces des lames polies, formées avec la plupart des corps transparens. Les deux plans de réflexion doivent toujours rester rectangulaires ; mais il faut présenter les lames au rayon lumineux, sous des angles différens suivant leur nature. En général, toutes les surfaces polies ont la propriété de polariser ainsi, plus ou moins complétement, la lumière qu'elles réfléchissent, sous de certaines incidences ; mais il est, pour chacune d'elles, une incidence parti-

culière sous laquelle la polarisation a le plus complétement lieu, et cette polarisation, dans le plus grand nombre des surfaces, s'élève à la totalité du rayon de lumière réfléchi.

Lorsqu'un rayon de lumière a reçu la polarisation dans un certain sens, par les procédés que nous venons de décrire, il transporte avec lui cette propriété dans l'espace, et la conserve sans altération sensible, quand on lui fait traverser perpendiculairement une masse considérable d'air, d'eau, ou de toute substance quelconque, qui exerce la réfraction simple ; mais les substances qui exercent la double réfraction, altèrent en général la polarisation du rayon, d'une manière en apparence subite, pour lui communiquer une polarisation nouvelle de la même nature, mais dans un autre sens. Ce n'est que dans certaines directions de la section principale, que le rayon peut échapper à cette force perturbatrice. On peut considérer la manière suivante d'envisager ce sujet comme la plus générale.

Lorsque les molécules de lumière traversent un corps cristallisé doué de la double réfraction, elles éprouvent autour de leur centre de gravité, divers mouvemens dépendans de la nature des forces que les particules du cristal exercent entre elles. Quelquefois, l'effet de ces forces se borne à celui ci-dessus de *polarisation* ou à la disposition de toutes les molécules d'un même rayon parallèlement les unes aux autres, de manière que leurs faces homologues soient tournées vers les mêmes parties de l'espace. Lorsqu'un pareil arrangement des molécules a lieu, les molécules lumineuses le conservent dans toute l'étendue dn cristal, et elles n'éprouvent plus de mouvement autour de leur centre de gravité. Mais il existe d'autres cas où les molécules qui traversent le cristal ne se fixent pas à une position constante ; pendant le temps de leur

trajet, elles oscillent autour de leur centre de gravité, avec des vitesses et selon des périodes qui peuvent être calculées. Quelquefois enfin, elles tournent sur leurs propres axes avec un mouvement non interrompu de rotation. Ces deux états de polarisation ont été désignés par les noms de polarisation *fixe* et polarisation *mobile*.

On trouve, *Phil. Trans.* pour 1813, le premier d'une suite de mémoires très intéressans du docteur Brewster, sur la lumière polarisée. Ce mémoire se rapporte principalement à quelques propriétés remarquables de l'agate. Le plan d'agate que M. Brewster employa était terminé par deux faces parallèles, avait environ 2 millimètres d'épaisseur, et il était taillé dans un plan perpendiculaire aux lames dont il était composé. Lorsque l'image d'une bougie allumée réfléchie par l'eau sous un angle de 52° 45′, de manière à acquérir la propriété découverte par Malus, se voyait à travers le plan d'agate, ses lames étant parallèles au plan de réflexion, la flamme paraissait parfaitement distincte; mais lorsqu'on faisait tourner l'agate de manière que ses lames devinssent perpendiculaires au plan de réflexion, la lumière qui formait l'image de la bougie éprouvait une réflexion totale, et aucun rayon de cette lumière ne pénétrait l'agate. Si un rayon de lumière incident sur un plan d'agate, est reçu après transmission, sur un autre plan de la même substance, ayant ses lames parallèles à celle du premier plan, la lumière trouvera un passage facile à travers le second plan; mais si ce second plan a ses lames perpendiculaires à celles du premier plan, la lumière sera réfléchie en totalité, et l'objet lumineux cessera d'être visible.

Dans un second mémoire important du docteur Brewster, publié en 1814, sur les affections de lumière transmise à travers des corps cristallisés,

mémoire dans lequel il énonce l'idée qu'en cultivant cette branche de la physique, nous pourrons être en état de rendre raison des formes et de la structure des corps cristallisés, prédiction que ce docteur a depuis si heureusement accomplie lui-même; il établit que si le rayon de lumière, polarisé par l'agate, est incident sous un angle particulier sur un corps transparent quelconque, de manière que le plan de réflexion soit perpendiculaire aux lames de l'agate, ce rayon éprouvera une *réfraction* totale; si ce rayon est transmis à travers un autre plan d'agate, ayant ses lames à angles droits avec celles du plan par lequel la lumière est polarisée, il éprouvera une *réflexion* totale; et si l'on examine ce rayon avec un prisme de spath d'Islande que l'observateur fait tourner dans sa main, il disparaîtra et reparaîtra dans chaque quart de son mouvement circulaire. Le faisceau de rayons, auquel est communiquée cette propriété remarquable, est environné d'une grande masse de lumière nébuleuse, qui s'étend à environ 7° 38′ en longueur et 1° 7′ en largeur de chaque côté de l'image claire. Cette lumière nébuleuse ne disparaissait jamais avec l'image claire qu'elle entourait; mais elle était évidemment affectée par les différens changemens qu'elle éprouvait, augmentant en dimension, en raison de ce que l'image claire diminuait, et diminuant, suivant que cette image reprenait son éclat. Le rayon de lumière polarisée par l'agate, ou par tout autre moyen quelconque, est dépolarisé, ou rétabli en partie dans son premier état, lorsqu'il est transmis dans une direction particulière à travers une lame de mica, ou tout autre corps cristalisé.

4. *De la production de la lumière.* — Quelques physiciens rapportent l'origine de tous les phénomènes lumineux au soleil, dont les rayons sont supposés pénétrer la matière terrestre, sous ses

différentes formes, et se combiner avec elle. Mais l'Écriture nous apprend que la lumière existait avant ce grand corps lumineux, et que sa condensation subséquente dans l'orbite de cet astre, fut un acte particulier de la toute-puissance du Créateur. La phosphorescence de minéraux ensevelis depuis l'origine de toutes choses dans les entrailles de la terre, coïncide strictement avec le récit fait par Moïse, de la création. Nous considérerons donc la lumière, le premier élément sorti du chaos, comme un être indépendant, universellement distribué parmi les minéraux, les végétaux et les animaux, pouvant être dégagé de l'état latent dans lequel il y existe par diverses opérations naturelles et artificielles; savoir :

1°. Par frottement.

A cette première source de lumière appartiennent la lumière produite par l'électricité, et celle qui se dégage même sous l'eau, par la collision de deux morceaux de quartz.

2°. Par condensation et expansion.

Si après avoir subitement comprimé de l'air atmosphérique ou de l'oxigène, en remplissant de ce dernier gaz un petit cylindre ou ballon de verre, ce vaisseau est tout à coup rompu *dans le vide*, on aperçoit à l'instant un éclat de lumière.

3°. Par la chaleur.

Si l'on projette sur des morceaux de métal, de verre, etc., de l'air porté jusqu'à la chaleur d'environ 480 degrés centigr., il les rendra promptement capables de rayonnement de la lumière. On a vu, à l'article COMBUSTION, que la flamme brillante qui se manifeste, lorsque du charbon ou du phosphore brûlent, est simplement l'état d'ignition des particules solides de ces corps. A une certaine élévation de température, telle que celle d'environ 425 degrés centigrades, tous les corps solides commencent à donner de la lumière. Le même

effet est produit *dans le vide*, en transmettant l'électricité voltaïque à travers un fil métallique. C'est à cet effet aussi qu'on peut rapporter la phosphorescence des minéraux. Benvenuto Cellini semble être celui qui a le premier décrit ce phénomène curieux, dans son Traité sur la Joaillerie, publié au commencement du seizième siècle. En 1663, M. Boyle observa, que du diamant, légèrement chauffé, étant frotté ou comprimé, émettait une lumière presque égale à celle du ver-luisant.

L'exposé le plus complet que nous ayons sur la phosphorescence minérale, est celui donné par le docteur Brewster, inséré *Edimburgh Phil. Journal*, vol. Ier. Sa méthode d'examen était ingénieuse et fut suivie avec soin. Il ne réduisait jamais les corps en poudre; mais il en plaçait un fragment sur une masse épaisse de fer chaud, ou, dans des expériences délicates, il introduisait ce fragment au fond d'un canon de pistolet chauffé un peu au rouge.

On a présenté, dans la table qui suit, les résultats qu'il obtint :

NOMS DES MINÉRAUX.	COULEUR des minéraux.	COULEUR et intensité de la lumière.
Spath fluor.	Cramoisi rose. . .	Vert.
Idem.	Pourpre.	Bleuâtre.
Idem.	Blanc bleuâtre. .	Bleu.
Fluor compacte.	Jaunâtre.	Beau vert.
Fluor sableux.	Blanc.	Étincelles blanches.
Spath calcaire.	Jaune.	Jaune.
Idem.	Transparent. . .	Jaunâtre.
Calcaire du nord de l'Irlande.	. . . .	Rouge jaunâtre.
Phosphate de chaux.	Cramoisi rose. .	Jaune.
Arragonite.	Blanc sale.	Jaune rougeâtre.

NOMS DES MINÉRAUX.	COULEUR des minéraux.	COULEUR et intensité de la lumière.
Carbonate de baryte.	Blanchâtre. . . .	Blanc pâle.
Harmotome.	Incolore.	Jaune rougeâtre.
Dipyre.	Blanc.	Points de lumière.
Grammalite de Glentilt. . .	. . . .	Jaune.
Idem de Cornouailles. . . .	. . . .	Bleuâtre.
Topaze d'Aberdeenshire. . .	Bleue.	Bleuâtre.
Idem du Brésil.	Jaune.	Jaunâtre faible.
Id. de la Nouv.-Hollande. .	Blanc.	Bleuâtre.
Rubellite.	Rougeâtre.	Écarlate.
Sulfate de chaux.	Jaunâtre.	Lumière faible.
Idem de baryte.	Jaune.	Lumière pâle.
Idem, *Idem*.	Couleur ardoise.	Lumière pâle.
Idem de strontiane.	Bleuâtre.	Un fragm. assez luisant.
Idem de plomb	Transparent . . .	Faible et par intervall.
Anhydrite.	Rougeâtre.	Lumière faible.
Sodalite.	Vert foncée. . . .	Assez claire.
Spath amer.	Jaunâtre.	Blanc faible.
Barystrontianite.	Blanc.	Faible.
Arseniate de plomb.	Jaunâtre.	Blanc clair.
Sphène.	Jaune.	Blanc clair.
Trémolite.	Blanchâtre. . . .	Jaune rougeâtre.
Mica.	Verdâtre.	Blanchâtre.
Idem de Waygatz.	Noir.	Taches blanches.
Idem, *Idem*.	Brun.	Assez clair.
Titane en sable.	Noir.	Taches faibles.
Pierre de corne.	Gris.	Jaunâtre.
Spath en table, dognatska.	Blanchâtre. . . .	Jaunâtre.
Lapis lazuli.	Bleu.	Faible.
Spodumène.	Verdâtre.	Faible.
Titanite.	Rougeâtre.	Extrêmement faible.
Cyaninte.	Blanc jaunâtre. .	Bleuâtre.
Calamine.	Brun.	Faible.
Augite.	Vert.	Assez clair.
Pétalite.	Teinte rougeâtre.	Bleu et très clair.
Asbeste.	. . . .	Assez clair.
Datholite.	Transparent. . .	Clair.
Corindon.	Brun.	Clair.
Anatase.	Foncé.	Jaune rougeâtre.
Tungstate de chaux.	Blanc jaunâtre. .	Brillant comme un charbon brûlant.

NOMS DES MINÉRAUX	COULEUR des minéraux.	COULEUR et intensité de la lumière.
Quartz	La phosphorescence de ces neuf minéraux fut observée dans le canon à pistolet.	Très faible.
Amethiste		Faible.
Obsidienne		Assez clair; bleu sale.
Mésotype d'Auvergne		Très faible.
Actinolite vitreuse		Petites taches.
Argent rubis		Assez clair.
Muriate d'argent		Bleu.
Carbonate de cuivre		Très faible.
Télésie verte		Bleu pâle et assez clair.

La phosphorescence de l'anatase diffère entièrement de celle des autres minéraux. Elle se manifeste soudainement comme une flamme qui disparaît aussitôt. Le docteur Brewster trouva, en opposition avec ce qui avait été établi par M. Wedgwood, que l'exposition pendant une demi-heure à la chaleur d'un feu ordinaire dans un creuset, du spath fluor vert, le privait entièrement de phosphorescence. Quoiqu'il en eût laissé, pendant plusieurs jours, un fragment exposé aux rayons d'un soleil d'été, et même qu'il l'eût placé à la lumière brillante près le foyer d'une lentille, il ne put jamais en obtenir la plus légère indication de phosphorescence. La lumière émise dans la combustion appartient à la phosphorescence. La lumière phosphorique de minéraux a, suivant le docteur Brewster, les mêmes propriétés que la lumière directe du soleil.

4°. Lumière émise de corps en conséquence de l'action de lumière étrangère.

C'est à cette nature de lumière que se rapportent les phosphores solaires, ou phosphores porte-lumière. Le plus puissant de ces phosphores est

le composé artificiel de Canton. Si après avoir mêlé ensemble trois parties d'écailles d'huîtres calcinées réduites en poudre, avec une partie de fleur de soufre, on tasse ce mélange dans un creuset qu'on fait ensuite chauffer au rouge, pendant une demi-heure, on trouvera que les parties claires de ce mélange étant exposées au rayon solaire, ou à la lumière ordinaire du jour, ou à un choc électrique, acquerront la faculté de luire dans l'obscurité, de manière à éclairer le cadran d'une montre et à en faire distinguer les figures. A la vérité, ce mélange cessera au bout d'un certain temps de luire; mais si la poudre, étant gardée dans une fiole bien bouchée, on l'expose de nouveau au rayon solaire, la propriété lumineuse sera rétablie. En stratifiant des écailles d'huîtres avec du soufre dans un creuset, qu'on chauffe ensuite au rouge, on obtient une substance d'une énergie phosphorescente plus grande que la poudre. Ce mélange doit être aussi conservé dans une fiole bouchée. Si l'on transmet la décharge électrique le long des surfaces de certains corps, ou un peu au-dessus de ces surfaces, il se produit une phosphorescence un peu durable.

Le sulfate de baryte donne ainsi une lumière d'un vert clair; le carbonate de baryte, une lumière semblable, moins brillante; l'acétate de potasse, une lumière d'un vert léger; l'acide succinique, une lumière semblable, plus durable. Le sucre en pain de même; le sulfate de chaux, une lumière semblable, mais passagère; le cristal de roche, une lumière rouge et ensuite blanche; le quartz, une lumière d'un blanc mât; le borax, une faible lumière verte; l'acide borique, un lumière d'un vert clair.

M. Skrimshire a donné, *Nicholson's Journal*, in-8°, vol. XV, XVI et XIX, un catalogue étendu de substances de cette nature. Il fait voir que le pyrophore de Canton donne plus de lumière par sa

préparation, que tout autre corps quelconque; mais que presque tout minéral natif, à l'exception des mines métalliques et des métaux, devient plus ou moins lumineux après la décharge électrique. Une ardoise du comté de Northampton, qui fait effervescence avec les acides, produit un bel effet. Lorsque l'explosion d'une jare est reçue *au-dessus* du centre d'un morceau de quelques pouces carrés, non seulement la partie au-dessus de la baguette de décharge est lumineuse, mais encore la surface de la plaque semble parsemée de très petits points brillans à quelque distance de son centre; et lorsque les points de la baguette de décharge restent sur la surface de l'ardoise, ces petites paillettes sont détachées et disséminées sur la table à l'état lumineux.

5°. De la lumière émise pendant que des changemens chimiques ont lieu, lumière indépendante de la chaleur, ou dans laquelle on n'aperçoit pas qu'il se développe de la chaleur. Les substances d'où s'émet une semblable lumière sont celles qui suivent :

Les animaux marins, soit vivans, soit privés de la vie. On peut citer comme exemples, le poisson à coquille, appelé *pholas*, la *medusu phosphorea*, et divers autres mollusques. Les poissons marins, en général, lorsqu'ils sont privés de la vie, semblent produire en abondance cette espèce de lumière. Il se développe aussi de la lumière de la chair des quadrupèdes. Dans la classe des insectes, il en est un grand nombre qui émettent très abondamment la lumière, particulièrement différentes espèces de *fulgora*, ou mouche-lanterne, et de *lampyris* ou ver-luisant, aussi le *scolopendra electrica* et une espèce de crabe, appelé *cancer fulgens*. Le bois pourri est bien connu pour émettre de la lumière, de même que la terre de tourbe.

Le docteur Hulme, dans une dissertation soignée

sur cette lumière, insérée *Phil. Trans.* pour 1790, établit les propositions importantes qui suivent :

1. La quantité de lumière émise par les substances animales mortes, n'est pas en proportion du degré de putréfaction où elles se trouvent, ainsi qu'on l'a ordinairement supposé; mais au contraire, plus la putréfaction est grande, moins il y a de lumière dégagée. Il semblerait que cet élément, doué d'une élasticité prééminente, est le premier qui s'échappe de l'état condensé de combinaison dans lequel il avait été emprisonné par les forces vitales; et il est suivi après quelque temps par les gaz, relativement moins élastiques, dont le dégagement constitue la putréfaction.

2. Cette lumière est un principe chimique constituant de quelques corps, surtout de poissons marins, dont il peut être séparé par un procédé particulier, et ensuite retenu et rendu permanent pendant quelque temps. Une dissolution de 1 partie de sulfate de magnésie dans 8 parties d'eau, forme la liqueur la plus convenable pour extraire cette lumière, la retenir, et en augmenter l'éclat. Du sulfate et du muriate de soude, convenablement étendus d'eau, peuvent aussi remplir cet objet. Lorsque l'une quelconque des dissolutions salines est trop concentrée, la lumière disparaît; mais dès l'instant que la dissolution est étendue d'eau, elle se manifeste de nouveau après une obscurité absolue. J'ai souvent fait cette expérience curieuse avec la lumière provenant du merlan. L'eau ordinaire, l'eau de chaux, les liqueurs fermentées, des acides, même très étendus, des lessives alcalines, et beaucoup d'autres corps, éteignent d'une manière permanente cette lumière spontanée. L'eau bouillante la détruit; mais la congélation ne fait qu'en suspendre la manifestation; car elle reparaît par la liquéfaction après congélation. Une

douce chaleur donne de la vivacité au phénomène, mais elle en diminue la durée.

On terminera ici ce qui concerne la lumière, par le fait important et le problème de pratique ci-après.

1. Le comte de Rumfort a fait voir que la quantité de lumière émise par une portion donnée de matière inflammable en combustion, est proportionnelle dans quelque haut rapport à l'élévation de température; et qu'une lampe ayant plusieurs mèches placées très près l'une de l'autre, de manière à augmenter mutuellement leur chaleur, brûle avec infiniment plus d'éclat que les lampes d'Argand d'usage ordinaire.

2. Pour mesurer les intensités proportionnelles de deux, ou d'un plus grand nombre de lumières, placez-les à quelques pouces l'une de l'autre, et à la distance de quelques pieds d'un écran de papier blanc, ou d'un mur blanc. En tenant une petite carte près du mur, il s'y projettera deux ombres, l'une plus foncée, par l'interception de la lumière plus claire, et l'ombre plus légère, par l'interception de la lumière plus obscure. On rapproche alors la lumière plus faible de la carte, ou l'on en éloigne davantage celle plus vive, jusqu'à ce que les ombres acquièrent l'une et l'autre la même intensité, ce qu'on peut juger à l'œil avec une grande précision, surtout d'après les ombres se terminant aux angles. Mesurez alors les distances des deux lumières du mur ou de l'écran, et en élevant cette mesure au carré, vous avez le rapport d'illumination. D'après cela, si la flamme d'une lampe d'Argand et d'une chandelle sont respectivement placées aux distances de 10 et de 4 pieds, leurs ombres étant également foncées, on a 10^2 et 4^2 ou 100 et 16, ou $6\frac{1}{4}$ et 1 pour leurs quantités relatives de lumière.

DU CALORIQUE.

Les chimistes modernes ont généralement adopté ce terme pour désigner la *cause de la chaleur;* lorsqu'on dit d'une personne *qu'elle a chaud*, d'une pierre *qu'elle est chaude*, cette manière de s'exprimer s'entend sans difficulté; cependant, elle présente, pour chacune de ces circonstances un sens différent; dans le premier cas, elle signifie la *sensation* de la chaleur, et dans l'autre, la *cause* de cette sensation. C'est donc pour faire disparaître cette ambiguité, qu'il a paru convenable de choisir un mot au moyen duquel on pût distinguer *la cause de la chaleur* de la *sensation* de la chaleur, et le mot qui a paru devoir remplir le mieux cet objet, est celui de *calorique*.

C'est, dit le docteur Ure, qui a traité cette article de la manière la plus étendue et la plus intéressante dans son *Dictionnaire de Chimie;* c'est l'agent auquel on attribue les phénomènes de chaleur et de combustion. Cet agent est hypothétiquement considéré comme un fluide, d'une ténuité inappréciable, dont les molécules sont douées de pouvoirs répulsifs définis, et qui, par leur distribution en proportions diverses parmi les molécules de la matière pondérable, modifient l'attraction de cohésion, de manière à produire les trois formes générales, gazeuse, liquide et solide.

Cependant, plusieurs savans distingués ont révoqué en doute l'existence à l'état isolé d'une matière calorifique, et ils ont cherché à recourir à l'évidence, pour faire voir que les phénomènes devaient être plutôt rapportés à un mouvement vibratoire ou intestin des molécules de matière ordinaire. Le partisan le plus distingué de cette opinion dans les temps modernes, est sir Humphry Davy, dont la justesse et la profondeur des vues

leur mérite de la déférence. Nous croyons devoir présenter ici en abrégé l'exposé qui suit, des idées de ce savant, sur un sujet qui a offert tant de difficultés.

« On a rendu raison de la répulsion calorifique, en supposant l'existence d'un fluide subtil capable de se combiner avec les corps, et de séparer les molécules les unes des autres, et l'on a appelé ce fluide *matière de la chaleur* ou *calorique*.

« Cette supposition admet une explication heureuse d'un grand nombre des phénomènes, tels que ceux du froid produit pendant la conversion des solides en fluides ou gaz, et l'augmentation de température qui accompagne la condensation des gaz et des liquides. Dans le premier cas, la matière de la chaleur a été, dit-on, absorbée ou s'est combinée; dans le second cas, cette matière de la chaleur a été chassée, ou dégagée de sa combinaison. Mais il est d'autres faits qui ne s'accordent pas aussi bien avec cette opinion; tels sont ceux de la production de chaleur par frottement et percussion, et quelques uns des changemens chimiques qu'on y a rapportés. Ces changemens sont ceux de la chaleur violente produite dans l'explosion de la poudre à canon, où il se dégage une grande quantité de matière aériforme; et le feu qui se manifeste dans la décomposition du gaz euchlorine, ou protoxide de chlore, quoique les gaz qui résultent de cette décomposition occupent un plus grand volume.

« Lorsque la température des corps est élevée par frottement, il ne paraît pas y avoir diminution de leurs capacités, en employant le mot dans son sens ordinaire; et dans un grand nombre de changemens chimiques qui se rapportent à une augmentation de température, il semble y avoir également une augmentation de capacité. Un morceau de fer, porté à la chaleur rouge par l'action

du marteau, ne peut être chauffé une seconde fois par le même moyen, à moins qu'il n'ait été préalablement introduit dans un feu. Ce fait a été expliqué, en supposant que le fluide de la chaleur a été forcé, par la percussion, de sortir du fer, qui le recouvre dans le feu; mais en le considérant sous le point de vue mécanique, on reconnaîtra que les arrangemens des parties du fer sont altérées par l'action du marteau de cette manière, et qu'il est rendu cassant. Par un degré médiocre de frottement, ainsi que cela paraîtrait être d'après les expériences du comte de Rumfort, le même morceau de métal peut être maintenu chaud pendant un temps quelconque; de manière que si la chaleur est forcée d'en sortir, la quantité doit être inépuisable. Lorsqu'un corps quelconque est refroidi, il occupe moins de volume qu'auparavant; il est donc évident que ses parties doivent s'être rapprochées les unes des autres; de même, lorsque le corps est dilaté par la chaleur, il est évident que ses parties doivent s'être écartées les unes des autres. La cause immédiate de ces phénomènes de la chaleur, est alors le mouvement; et les lois de sa communication sont précisément les mêmes que celles de la communication du mouvement. Puisqu'on peut amener toute matière à occuper un volume moindre par refroidissement, il est évident, qu'il doit y avoir de l'espace entre les molécules de la matière; et puisque tout corps peut communiquer le pouvoir d'expansion à un corps d'une température plus basse, c'est-à-dire, peut donner un mouvement expansif à ses molécules, on en peut inférer avec probabilité, que ses propres molécules jouissent de la propriété de se mouvoir; mais comme il n'y a pas de changement dans la situation de ses parties, tant que sa température reste la même, le mouvement, s'il existe, doit être vibratoire ou ondulatoire, ou un mouvement

des molécules autour de leurs excès, ou un mouvement des molécules autour les unes des autres.

« Il semble possible de rendre compte de tous les phénomènes de la chaleur, si l'on suppose que, dans les solides, les molécules sont dans un état constant de mouvement vibratoire, les molécules des corps les plus chauds se mouvant avec la plus grande vélocité, et à travers le plus grand espace; que dans les liquides et les fluides élastiques, outre le mouvement vibratoire, qui doit être considéré comme étant le plus grand dans ces derniers corps, les molécules ont un mouvement autour de leurs propres axes, avec des degrés différens de vélocité, les molécules des fluides élastiques se mouvant avec la plus grande vitesse; et que dans les substances éthérées, les molécules se meuvent autour de leurs axes, et se séparent les unes des autres, pénétrant à travers l'espace en lignes droites. On peut concevoir que la température dépend des vitesses des vibrations; l'augmentation de capacité du mouvement ayant lieu dans un plus grand espace; et la diminution de température, pendant la conversion des solides en fluides ou gaz, peut s'expliquer par la perte du mouvement vibratoire, en conséquence de la révolution des molécules autour de leurs axes, au moment où les corps deviennent liquides ou aériformes; ou par la perte de rapidité de vibration, résultant de ce que le mouvement des molécules a lieu dans un plus grand espace.

« Si l'on admet un fluide spécifique de chaleur, il faut, pour rendre raison des phénomènes, le supposer susceptible du plus grand nombre des affections qu'on attribue aux molécules de la matière ordinaire, et le considérer, par exemple, comme perdant son mouvement lorsqu'il se combine avec les corps, produisant du mouvement lorsqu'il est transmis d'un corps à un autre, et acquérant un

mouvement projectile, en passant de ce corps dans l'espace libre; de manière qu'il peut être adopté, pour expliquer son action, un grand nombre d'hypothèses qui rendent moins simple que l'autre cette manière de voir à ce sujet. Il a été fait des expériences très délicates, pour démontrer que les corps, étant échauffés, n'augmentent pas en poids: ce fait, dans toute l'extension qu'il peut avoir, serait évidemment en opposition avec l'idée qu'un fluide élastique subtil produit l'expansion calorifique; mais il ne peut être considéré comme décisif, à raison de l'imperfection de nos instrumens. Il faut une bonne balance pour reconnaître qu'un décimètre cube d'air inflammable a du poids; et il serait peut-être impossible de peser, par aucun des moyens en notre pouvoir, une substance étant, relativement à l'air inflammable, dans le même rapport en poids que celui-ci au platine. »

D'un autre côté, on a supposé que les observations de sir W. Herschell, sur les rayons calorifiques qui accompagnent ceux de lumière dans le rayon solaire, offrent une preuve décisive de la matérialité du calorique, ou du moins établissent son existence, et celle de la lumière, sur le même fondement. Cet astronome célèbre découvrit que, lorsqu'on place deux thermomètres semblables dans les différentes parties du rayon solaire, décomposé par le prisme dans les couleurs primitives, ils indiquent des températures différentes. Il estime que le pouvoir d'échauffement dans les rayons rouges est, à celui des rayons verts, dans le rapport de 55 à 26; et à ce même pouvoir dans les rayons violets, comme 55 à 16. Et dans un espace en dehors des rayons rouges, où la lumière cesse d'être visible, l'augmentation de température est la plus grande de toutes. Ainsi, un thermomètre, placé dans le rayon rouge plein, s'éleva de 3,5 degrés centigrades dans dix minutes; et

au-delà des limites du rayon solaire entièrement coloré, l'élévation fut, dans un temps égal, de 4,5 degrés centigrades.

Ces expériences furent répétées par sir H. Englefield, qui obtint des résultats semblables. Cependant M. Berard fut amené à une conclusion un peu différente. Dans la vue de rendre ses expériences plus positives, et leurs effets plus sensibles, il crut devoir se servir de l'*héliostat*, instrument au moyen duquel on peut diriger sur un point le rayon solaire, et l'y maintenir pendant toute sa période diurne. Il décomposa, par un prisme, le rayon solaire réfléchi par le miroir de l'héliostat, et plaça un thermomètre sensible dans chacun des sept rayons colorés. Il fut reconnu que la faculté calorifique augmentait progressivement de la portion violette du spectre à celle rouge, où le pouvoir échauffant était à son *maximum*, et *non* au-delà, dans l'espace où il n'y a plus de lumière visible. La plus grande élévation avait lieu dans le thermomètre, pendant que sa boule était encore entièrement couverte par les rayons rouges, derniers du spectre, et on le voyait descendre progressivement, à mesure que la boule, ainsi couverte, entrait dans l'obscurité. Enfin, en plaçant la boule entièrement hors du spectre visible, où Herschell fixait le *maximun* de chaleur, M. Berard trouva que l'élévation de température, au-dessus de l'air ambiant, n'était que le cinquième de l'élévation qu'il indiquait dans le rayon rouge extrême. Il fit ensuite des expériences semblables sur le spectre double produit par le *cristal d'Islande*, ainsi que sur la lumière polarisée, et il trouva, dans l'un et l'autre cas, que le principe calorifique accompagnait les molécules lumineuses; et que dans les situations où la lumière cessait d'être réfléchie, la chaleur disparaissait aussi.

Newton a fait voir que la différence de réfran-

gibilité des rayons de lumière peut s'expliquer en les supposant composés de molécules de grandeur différente, les plus grandes étant à l'extrémité rouge du spectre, et les plus petites à son extrémité violette. Le même savant illustre a mis en question si la lumière et la matière ordinaire n'étaient pas susceptibles de se convertir l'une dans l'autre ? et adoptant l'idée que les phénomènes de chaleur sensible dépendent de vibrations des molécules des corps, il suppose qu'une certaine intensité de vibrations peut envoyer des molécules dans l'espace libre, et que des molécules en mouvement rapide en lignes droites, perdant le mouvement qui leur est propre, peuvent communiquer un mouvement vibratoire aux molécules des corps terrestres. De cette manière, il est facile de concevoir comment les rayons rouges vibreraient le plus fortement, et, par conséquent, exciteraient le plus grand degré de chaleur.

Nous en avons actuellement assez dit pour faire voir combien peu on est autorisé à prononcer des décisions dogmatiques sur la nature abstraite de la chaleur. Mais si l'essence de la cause est encore un mystère, plusieurs de ses propriétés et de ses effets ont été constatés, et habilement appliqués aux progrès de la science et aux besoins de la vie.

Nous les considérerons ici dans l'ordre qui suit :

1. De la mesure de température.
2. De la distribution de la chaleur.
3. De la manière dont la chaleur se comporte généralement avec la matière sous différentes formes.

Il conviendra d'employer le langage populaire, et de parler de la chaleur, comme existant en quantités plus ou moins grandes dans les corps, sans entendre rien décider ici sur la question de sa nature.

1. *De la mesure de température.*

Si l'on chauffe modérément une baguette ou anneau de métal, qui s'adapte juste dans son état ordinaire à une mesure ou jauge oblongue ou circulaire, on trouvera, en appliquant chaude cette baguette ou anneau à la jauge froide, que ses dimensions sont augmentées. C'est ainsi que les carrossiers agrandissent leurs bandes fortes de fer, de manière à ce qu'elles embrassent et serrent fortement par leur retrait, lorsqu'elles se refroidissent, le bâti en bois de leurs roues.

Une longue expérience a prouvé que des corps progressivement chauffés, augmentent progressivement de volume : c'est d'après ce principe que sont construits les divers instrumens destinés à mesurer la température. Si le corps dont on a fait choix pour indiquer, par l'augmentation de son volume, l'augmentation de chaleur, éprouvait des dilatations égales par des accroissemens égaux du pouvoir calorifique, alors l'instrument serait parfait, et nous aurions un pyromètre ou thermomètre exact. Mais ils est très douteux qu'une substance quelconque, solide, liquide ou aériforme, conserve ce rapport égal entre son augmentation de volume et l'accroissement de chaleur.

Les recherches de MM. Petit et Dulong ont été insérées dans le septième volume des *Annales de Chimie et de Physique*. Les auteurs de ces recherches en commencent l'exposé par quelques détails historiques, dans lesquels ils font observer « que M. Dalton, considérant la même question sous un point de vue beaucoup plus élevé, a essayé d'établir des lois générales, applicables à la mesure de toutes les températures. Ces lois, il faut en convenir, forment un ensemble imposant par leur régularité et leur simplicité. Malheureusement cet habile physicien s'est trop empressé de généraliser

ses aperçus très ingénieux, mais qui ne reposaient que sur des évaluations incertaines. Il en résulte qu'il n'est presque aucune de ses assertions qui ne se trouve contredite par les résultats des recherches que nous allons faire connaître. » M. Gay-Lussac avait déjà fait voir que dans l'intervalle des température de la glace fondante et de l'ébullition de l'eau, un thermomètre à mercure et un thermomètre à air ne présentaient aucune discordance sensible. La table qui suit, de MM. Petit et Dulong, donne les résultats depuis le point voisin de celui de la congélation du mercure jusqu'au terme de son ébullition.

Table de comparaison des échelles du thermomètre à mercure et du thermomètre à air.

TEMPÉRATURES indiquées par le thermomètre à mercure.	VOLUMES correspondans d'une même masse d'air.	TEMPÉRATURES indiquées par un thermomètre à air, et corrigées de la dilatation du verre.
—36° centig.	0,8650	—36,00° centig.
0	1,0000	0,00
100	1,3750	100,00
150	1,5576	148,70
200	1,7389	197,05
250	1,9189	245,05
300	2,0976	292,70
360	2,3125	350,00
Ebullition du mercure.		

L'uniformité bien connue dans les principales propriétés physiques de tous les gaz, et surtout l'identité parfaite des lois de leur dilatation, rendent très vraisemblable que, dans cette classe de

corps, les causes perturbatrices que j'ai signalées dans mon mémoire, n'ont pas la même influence que dans les solides et les liquides; et que, par conséquent, les changemens de volume, produits par l'action de la chaleur sur l'air et les gaz, y sont dans une indépendance plus immédiate de la force qui les occasionne. Il est donc très probable que le plus grand nombre des phénomènes relatifs à la chaleur se présenteront sous une forme plus simple, en mesurant les températures sur un thermomètre à air.

Je suis d'accord avec les chimistes français relativement à ces remarques, et je pense qu'elles furent justifiées d'après ces considérations qui les déterminèrent à employer l'échelle d'un thermomètre à air dans leurs recherches subséquentes, qui forment la seconde partie de leur mémoire sur les lois de la communication de la chaleur.

Le terme d'ébullition du mercure, mesuré par un bon thermomètre à air, est, suivant MM. Petit et Dulong, à 350 degrés contigrades; or, le thermomètre de M. Crighton indique ce même terme à 347° centigrades, ce qui ne diffère que de 3° centigrades dans cet intervalle si considérable de l'échelle. On voit donc, ainsi que je l'ai fait remarquer dans mon mémoire, qu'il s'établit entre les dilatations inégales du mercure et du verre, et la masse diminuant de mercure restant dans le tube à mesure d'élévations de température, une compensation au moyen de laquelle le mercure devient dans le tube thermométrique un liquide convenable pour indiquer d'une manière certaine les accroissemens de calorique sensibles. D'après toutes les expériences qui ont été faites avec soin sur ce sujet, on peut considérer la dilatation apparente du mercure dans le verre, comme étant d'un soixante-troisième de son volume par chaque élévation de 100 degrés centigrades, entre 0 et 350°.

centigrades, ou dans un intervalle de sept fois 50° centigrades. Il s'ensuit qu'au total, la dilatation apparente dans le verre de 0 à 50° centigrades, est d'environ 1°,9 centigrades. Si donc on plonge le thermomètre tout entier, la tige et la boule, dans du mercure bouillant, il indiquera 1°,9 centigrades de plus que par l'immersion de la boule seule dans les liquides chauffés; mais alors, en faisant abstraction, dans ce cas, de l'indication en plus, celle de l'échelle du thermomètre à mercure ordinaire, s'il est bien exécuté, se trouvera être justement l'indication de température, par un thermomètre à air, corrigée de la dilatation du verre qui le contient. Il en résulte donc qu'on peut considérer un thermomètre à mercure, lorsqu'il est bien fait, comme un moyen suffisamment exact pour mesurer la température.

2. *De la distribution de la chaleur.*

Ce chapitre se divise naturellement en deux parties. La première comprend les modes de distribution, ou les lois de refroidissement, et de la communication de la chaleur parmi les substances aériformes, liquides et solides; la seconde a pour objet les chaleurs spécifiques de corps divers, à la même température, ou à des températures différentes.

Les premières vues relatives aux lois de la communication de la chaleur, se trouvent consignées dans les *opuscules* de Newton. Ce grand physicien admet *à priori*, qu'un corps échauffé, soumis à une cause constante de refroidissement, telle que l'action d'un courant d'air uniforme, doit perdre, dans chaque instant, une quantité de chaleur proportionnelle à l'excès de sa température sur celle de l'air ambiant; et que, par conséquent, ces pertes de chaleur, dans des intervalles de temps égaux

et successifs, doivent former une progression géométrique décroissante. Quoique Martine eût signalé depuis long-temps, dans ses Dissertations sur la chaleur, l'inexactitude de la loi précédente, inexactitude qui, en effet, ne pouvait échapper à personne, et qui me frappa dans une circonstance où j'observais le refroidissement progressif d'une sphère d'huile à 260 degrés centigrades; cependant, la proposition s'est propagée d'un ouvrage systématique à l'autre, sans contradiction.

Erxleben prouva également, par des observations très précises, que la déviation de la loi supposée, augmente de plus en plus, à mesure que l'on considère de plus grandes différences de température; et il en conclut qu'on commettrait des erreurs graves, si l'on étendait cette loi fort au-delà des limites de température entre lesquelles elle a été vérifiée. Cependant, depuis, M. Leslie, dans ses ingénieuses recherches sur la chaleur, a fait de cette loi la base de plusieurs déterminations qui, par cette même cause, se trouvent inexactes, ainsi que l'ont prouvé MM. Petit et Dulong, qui sont à la fin parvenus, d'une manière savante, à reconnaître la véritable loi.

Lorsqu'un corps se refroidit dans le *vide*, sa chaleur se dissipe entièrement par voie de rayonnement. Lorsqu'il est placé dans l'air ou dans tout autre fluide, son refroidissement devient plus rapide, la chaleur enlevée par le fluide s'ajoutant alors à celle-ci, qui se dissipe par rayonnement. Il est donc naturel de distinguer ces deux effets; et comme, suivant toute probabilité, ils sont assujétis à des lois différentes, il convient de les étudier isolément.

MM. Petit et Dulong se servaient, dans cette recherche de la loi du refroidissement, de thermomètres à mercure, dont les réservoirs avaient de 2 à 6 centimètres de diamètre, ce dernier con-

tenant environ trois livres (1kil360) de mercure. Ils avaient trouvé, par des expériences préliminaires, que le rapport de la vitesse de refroidissement n'était point affecté par la grandeur du réservoir, et que la loi de refroidissement est la même, comparativement au mercure, avec l'eau, l'alcool absolu et l'acide sulfurique, dans une limite de température de 60 à 30 degrés centigrades; de manière que le rapport de la vitesse de refroidissement entre 60 et 50, et entre 40 et 30 degrés, était sensiblement le même. En observant le refroidissement de l'eau dans deux sphères, l'une de fer-blanc, et l'autre de verre, remplies l'une et l'autre de ce liquide, ils reconnurent que la loi de refroidissement est plus rapide pour la sphère de fer-blanc que pour la sphère de verre, aux températures au-dessous de celle de l'eau bouillante; mais, par une circonstance fortuite très remarquable, un effet contraire se produit dans les corps chauffés à de hautes températures, alors la loi de refroidissement dans la sphère de fer-blanc devient la moins rapide. Il s'ensuit généralement que celle des deux lois qui est la plus rapide dans la partie inférieure de l'échelle, devient au contraire la moins rapide dans les températures élevées.

« M. Leslie n'obtint, disent MM. Petit et Dulong, des résultats si peu exacts que ceux par lui annoncés sur cette question, que parce qu'il n'avait pas fait ses expériences de refroidissement sur des corps chauffés à des températures élevées. » MM. Petit et Dulong terminent leurs expériences préliminaires, en examinant le refroidissement de l'eau dans trois vases de fer-blanc de même capacité, le premier sphérique, le second et le troisième cylindriques; et cet examen nous apprend que la loi de refroidissement n'est point affectée par la forme du vase.

Les recherches sur le refroidissement dans le

vide furent faites avec un ballon vidé d'air, et l'on calcula la compensation à faire pour la très petite quantité d'air restée dans le ballon. La série qui suit fut obtenue avec le ballon lorsqu'il était entouré de glace.

Excès de température du thermomètre sur celle du ballon.	Vitesses correspondantes de refroidissement.
Cent.	Cent.
240°	10°,69
220	8,81
200	7,40
180	6,10
160	4,89
140	3,88
120	3,02
100	2,30
80	1,74

La première colonne contient les excès de température du thermomètre sur celle du ballon, c'est-à-dire les températures elles-mêmes, puisque le ballon était à 0°. La seconde colonne renferme les vitesses correspondantes de refroidissement calculées et corrigées; ces vitesses sont les nombres de degrés dont la température s'abaisserait dans le vide pendant une minute. Cette première série fait voir clairement l'inexactitude de la loi géométrique de Richmann; car dans cette loi, la vitesse de refroidissement à 200° devrait être double de celle qui correspond à 100; tandis que nous la trouvons être comme 7,4 à 2,3, ou plus que triple; et de même, en comparant les pertes de chaleur à 240°, et à 80° d'excès, on trouve la première environ six fois plus grande, tandis que, suivant la loi de Richmann, elle devrait être seulement triple. On a déduit des expériences ci-dessus, et de quelques autres analogues, la loi suivante.

Lorsqu'un corps se refroidit dans une enceinte vide, et entretenue à une température constante, la vitesse du refroidissement, pour des excès de température en progression arithmétique, croît comme les termes d'une progression géométrique diminuée d'un nombre constant, ou en langage algébrique, l'équation qui suit contient la loi du refroidissement dans le vide :

$$V = m . a^{\theta} (a^{t} - 1).$$

θ est la température de la substance entourant le vide, et t celle du corps chauffé au-dessus de la première.

Le rapport a de cette progression est facile à trouver pour le thermomètre dont le refroidissement a été observé ci-dessus ; car lorsque θ augmente de 20°, t restant le même, la vitesse du refroidissement se trouve multipliée par 1,165, nombre qui est la moyenne entre tous les rapports déterminés par l'expérience. On a donc :

$$a = \sqrt[20]{1,165} = 1,0077.$$

Il ne reste plus maintenant, pour vérifier l'exactitude de la loi précédente, qu'à la comparer aux différentes séries contenues dans le tableau rapporté plus haut. Dans le cas où l'enceinte environnant le vide était à 0°, il faut faire $m = 2,037$; car $m = \frac{n}{\log . a}$, et n est un nombre intermédiaire ; on a alors $V = 2,037 (a^{t} - 1)$.

Excès de température du thermomètre, ou valeurs de T.	Valeurs observées de V.	Valeurs calculées de V.
240°	10°,69	10°,68
220	8 ,81	8 ,89
200	7 ,40	7 ,34
180	6 ,10	6 ,03

Excès de température du thermomètre, ou valeurs de T.	Valeurs observées de V.	Valeurs calculées de V.
160°	4°,89	4°,87
140	3 ,88	3 ,89
120	3 ,02	3 ,05
100	2 ,30	2 ,33
80	1 ,74	1 ,72

Les lois du refroidissement dans le *vide* étant connues, rien n'est plus simple que de séparer du refroidissement total d'un corps environné d'air, ou d'un autre gaz, la portion de l'effet due au contact du fluide. Il suffit évidemment pour cela de retrancher des vitesses de refroidissement réelles, celles qui auraient lieu si, toutes choses égales d'ailleurs, le corps était placé dans le *vide*. Cette soustraction peut aisément s'opérer, maintenant que nous avons une formule qui représente cette vitesse avec une grande précision et pour tous les cas possibles.

On peut déduire d'un grand nombre de comparaisons expérimentales la loi suivante :

La vitesse de refroidissement d'un corps, due au contact seul d'un gaz, dépend, pour un même excès de température, de la densité et de la température du fluide; mais cette dépendance est telle, que la vitesse du refroidissement reste la même, si la densité et la température du gaz changent de manière que l'élasticité reste constante.

Si nous appelons P le pouvoir refroidissant de l'air sous la pression p, ce pouvoir deviendra P (1,366) à la pression $2p$; P $(1,366)^2$ à la pression $4p$; et enfin, à une pression $p\,2^n$, il serait P $(1,366)^n$. D'où $\frac{P}{P'}=\left(\frac{p'}{p}\right)^{0,45}$. On trouverait pareillement pour l'hydrogène $\frac{P}{P}=\left(\frac{p'}{p}\right)^{0,38}$.

Pour l'acide carbonique, l'exposant serait 0,517, et pour le gaz oléfiant 0,501; tandis que celui pour l'air est comme on voit 0,45. Ces trois derniers nombres différant peu de 0,5, on peut dire que, dans les gaz auxquels ils se rapportent, le pouvoir refroidissant est à peu près proportionnel à la racine carrée de l'élasticité. « Si l'on compare, disent MM. Petit et Dulong, la loi que nous venons d'énoncer, aux lois approximatives de MM. Leslie et Dalton, on pourra juger de l'erreur dans laquelle les ont entraînés l'inexactitude des suppositions qui servent de base à tous leurs calculs, et le peu de précision que comportent les procédés dont ils ont fait usage. » Mais pour ces discussions il faut avoir recours au mémoire même.

M. Leslie est le premier qui ait examiné avec soin l'influence de la nature de la surface des corps sur la distribution de la chaleur, ce qu'on appelle ordinairement le rayonnement du calorique. Pour mesurer avec précision l'effet de cette influence, M. Leslie imagina un instrument particulier, auquel il donna le nom de thermomètre différentiel; il consiste dans un tube de verre recourbé dans la forme de la lettre U, et terminé à chacune de ses extrémités par une boule de verre creuse. Le calibre du tube est de la force environ de celui des gros thermomètres, et les boules ont 8 millimètres de diamètre et au-delà. Avant de fermer hermétiquement l'instrument, on y introduit une petite portion d'acide sulfurique teint en rouge avec du carmin. Il faut une certaine dextérité dans celui qui opère avec ce thermomètre, pour faire arriver le liquide à la partie supérieure de l'une des tiges, et l'y maintenir en repos immédiatement au-dessous de la boule. A cette tige est attachée une échelle divisée en 100 parties, et l'instrument est alors fixé droit, au moyen d'un peu de ciment, sur un socle de bois. Si l'on applique le doigt ou

tout autre corps quelconque plus chaud que l'air ambiant sur l'une de ces boules, l'air contenu dans l'intérieur de la boule s'échauffera, et en se dilatant, il sortira en partie de la boule, pressant et poussant devant lui le liquide teint. L'effet de cette dépression observé et mesuré en degrés sur l'échelle, indiquera la différence de température des deux boules. Mais si l'instrument est simplement transporté, sans toucher ni l'une ni l'autre des boules, d'un air plus chaud dans un air plus froid, ou d'un air plus froid dans un air plus chaud, ou enfin dans un milieu quelconque, il ne sera point affecté, parce qu'alors l'égalité de contraction ou de dilatation de l'air renfermé dans l'une et l'autre boule, maintiendra l'équilibre du liquide dans la tige. Ce thermomètre ainsi indépendant des fluctuations du milieu environnant, s'adapte bien à la mesure des émanations calorifiques de surfaces différentes rassemblées par convergence, au moyen d'un réflecteur concave sur l'une de ses boules. Le docteur Howard a décrit, dans le seizième numéro du *Journal of Science*, un thermomètre différentiel de son invention, qu'il imagine devoir présenter quelques avantages. Sa forme est une imitation de celle du thermomètre différentiel de M. Leslie; mais il contient simplement de l'alcool ou de l'éther teint, l'air étant chassé par ébullition, avant que l'instrument soit hermétiquement fermé. La vapeur de l'éther ou de l'alcool dans le *vide* est, suivant lui, un moyen d'essai d'une sensibilité supérieure à celle de l'air. Il fait les deux tiges ou montans de longueurs différentes, par la considération que dans quelques cas, il est très convenable que l'une des boules se trouve entièrement éloignée de l'autre. Dans le thermomètre de M. Leslie, où ces deux boules sont de niveau, leur distance l'une de l'autre varie de 8 à 25 millimètres et au-delà, suivant la gran-

deur de l'instrument. La longueur des tiges du siphon est en général de 12 à 15 centimètres.

Ses miroirs réflecteurs d'environ 3 mètres de diamètre, consistaient dans du fer-blanc plané, ayant reçu, par l'action du marteau, la forme parabolique. Un vaisseau creux d'étain de 98 centimètres cubes, était, dans ses expériences, la source ordinaire d'émanation calorifique. Il recouvrait l'une des surfaces de ce vaisseau de noir de fumée, une autre de papier, une troisième de verre, et une quatrième restait nue. Après avoir alors rempli d'eau chaude le vase d'étain, et l'avoir placé dans la ligne de l'axe, et à 1 ou 2 mètres vis-à-vis de l'un des miroirs au foyer duquel était placée la boule d'un thermomètre différentiel, il prenait note de la dépression qu'éprouvait le liquide coloré, en présentant successivement les différentes surfaces du vase tourné vers le miroir. La table qui suit présente les résultats qu'il obtint avec ces enveloppes et autres.

	Degrés.
Noir de fumée.	100
Eau (par évaluation)	100 +
Papier à écrire.	98
Poix résine	96
Cire à cacheter	95
Crown-glass	90
Encre de Chine.	88
Glace	85
Minium	80
Plombagine	75
Colle de poisson.	75
Plomb terni par son exposition à l'air.	45
Mercure	20 +
Plomb net.	19
Fer poli	15
Feuille d'étain.	12
Or, argent et cuivre	12

MM. Leslie et Rumfort obtinrent des résultats semblables dans une forme plus simple. Ayant rempli de liquides chauds des vaisseaux de mêmes formes et capacités, mais composés de matériaux différens, ils prirent note de la marche de leur refroidissement. Un globe d'étain noirci se refroidissait d'un certain nombre de degrés dans 81 minutes; tandis qu'un globe net exigeait pour se refroidir du même nombre de degrés à peu près le double du temps ou 156 minutes. Un cylindre de laiton nu se refroidissait de 10 degrés dans 55 minutes, tandis que le cylindre pareil, enveloppé dans de la toile, mettait 36 minutes et demié à se refroidir de la même quantité. Si des mouvemens rapides sont excités dans l'air, la différence de refroidissement entre les surfaces métalliques nettes et obscurcies devient moins manifeste. M. Leslie estime que la diminution d'effet dans le rayonnement produit par une surface est en raison directe de sa distance; de sorte que si cette distance est double de ce qu'elle était, l'effet d'échauffement sur des thermomètres et autres corps, est de moitié de celui ayant primitivement eu lieu, de même qu'il n'est que du tiers de ce premier effet, si la distance est triple. Quelques unes de ses expériences ne semblent pas être en concordance avec cette loi simple. On aurait dû certainement s'attendre à ce que, ainsi que c'est le cas avec la lumière, l'électricité et autres qualités émanant d'un centre, la diminution d'intensité du rayonnement eût été dans le rapport du carré de la distance; surtout M. Leslie ayant reconnu qu'un effet analogue avait ordinairement lieu pour le sinus d'inclinaison, en présentant les faces du cube relativement au plan du miroir sous différens angles d'obliquité.

Des résultats qui précèdent dérivent naturellement quelques instructions pratiques. Puisque ce

sont les métaux à faces nettes qui projettent le plus faiblement la chaleur, les vaisseaux, tels que théières et cafetières, dans lesquels on désire que la chaleur se conserve, devraient être faits avec des métaux clairs et polis. Les tuyaux de vapeur destinés à conduire la chaleur dans un appartement à distance, devraient être à surfaces claires dans leurs trajets; mais à surfaces obscurcies, les tuyaux étant parvenus au terme de leur destination.

En recouvrant la boule de son thermomètre avec différentes substances, M. Leslie découvrit ingénieusement le pouvoir de surfaces diverses pour absorber la chaleur; et il trouva que cette faculté d'absorption suivait le même ordre que la propriété de rayonner ou projeter la chaleur. La même pellicule de feuille d'argent qui fait obstacle à la sortie de la chaleur d'un corps vers les corps environnans, s'oppose à ce que le corps reçoive en retour de ceux-ci leurs émanations calorifiques. On peut concevoir, d'après ce principe, comment un miroir métallique placé en avant d'un feu pourrait brûler des substances placées à son foyer, tandis qu'il reste froid lui-même; et d'un autre côté, comment un miroir de verre noirci, ou même argenté, deviendrait chaud au point de ne pouvoir être touché, tandis qu'il émet peu de chaleur en avant de lui. Il arrive, par l'effet de cette propriété d'absorber, qu'un panneau mince de verre intercepte en presque totalité la chaleur d'un feu brûlant avec flamme, tandis que la lumière qui le traverse éprouve à peine quelque diminution. A la vérité, ce verre s'échauffant par degrés constitue un nouveau foyer d'émanation, mais encore l'énergie du feu est-elle considérablement interrompue. On voit aussi, d'après cela, pourquoi un écran de feuille d'étain net de la plus mince épaisseur est très propre à garantir de l'ardeur du feu. Elle est en effet tellement impénétrable à la chaleur, qu'a-

vec un masque qui en est recouvert on peut présenter sans inconvénient le visage à la flamme d'un fourneau de verrerie.

Puisque l'absorption de la chaleur suit la marche du rayonnement établie dans la table ci-devant, on conçoit que l'inverse de l'absorption, c'est-à-dire la réflexion, doit avoir lieu en pouvoirs inverses par les différentes substances composant la liste. Ainsi les métaux à surfaces nettes réfléchissent le plus de chaleur, et ainsi en remontant par suite dans la table.

M. Leslie s'efforce de prouver que les fluides élastiques sont par leurs mouvemens d'ondulation les *milieux* de projection ou rayonnement de la chaleur; d'où il suit que ces fluides seraient, aussi bien qu'un vide parfait, un obstacle à l'exercice de cette faculté. Les lois du refroidissement des corps dans le vide, que MM. Petit et Dulong ont établies par l'expérience, sont en opposition avec cette hypothèse de M. Leslie, hypothèse qui, à la vérité, ne pouvait pas se soutenir contre les nombreuses attaques dont elle avait précédemment été l'objet. La belle expérience suivante de sir H. Davy semble seule fixer la question. Il avait disposé un appareil au moyen duquel un fil de platine pouvait être chauffé dans tout milieu quelconque ou dans le *vide*, et les effets de rayonnement distinctement rendus manifestes, la chaleur étant excitée par une batterie voltaïque. Dans plusieurs expériences où les mêmes moyens furent employés pour produire l'ignition, on trouva que la température d'un thermomètre s'élevait presque trois fois autant au foyer de rayonnement d'un miroir placé sous le récipient de la machine où le vide avait été fait jusqu'à $\frac{1}{120}$, que lorsque l'air était dans son état naturel de condensation. Le pouvoir de refroidissement par le contact de l'air raréfié était de beaucoup moindre que celui ayant

lieu par le contact de l'air dans son état ordinaire; car l'ignition du platine était plus intense dans le premier cas que dans l'autre. Cette circonstance ne rend peut-être pas l'expérience entièrement décisive; mais les résultats semblent favorables à l'idée que le rayonnement terrestre de la chaleur ne dépend d'aucuns mouvemens ou affections quelconques de l'atmosphère. Les deux miroirs étaient placés l'un au-dessus de l'autre dans un plan parallèle à l'horizon, le corps en ignition étant au foyer du miroir supérieur, et le thermomètre au foyer du miroir au-dessous. Il est évident qu'une diminution de densité du milieu élastique s'élevant à $\frac{1}{120}$, devrait, dans la manière de voir de M. Leslie, avoir occasionné une grande diminution dans le foyer inférieur, et non une augmentation triple ainsi que cela avait lieu, toute allocation faite pour cause de diminution de l'intensité d'ignition devant résulter du pouvoir de refroidissement de l'air atmosphérique. Les expériences avec des écrans de verre, de papier, etc., que présenta M. Leslie à l'appui de son hypothèse, ont été depuis confrontées avec les expériences sur les écrans du docteur Delaroche, qui, en les variant, en obtint des résultats incompatibles avec les vues de M. Leslie, et favorables à celles du rapport intime qui existe entre la lumière et la chaleur. Ces expériences du docteur Delaroche font connaître que, dans quelques circonstances, la chaleur rayonnante invisible passe directement à travers le verre, en quantité d'autant plus grande, relativement au rayonnement total, que la température de la source de la chaleur est plus élevée. La table qui suit présente le rapport qui existe entre les rayons traversant le verre clair et ceux agissant sur le thermomètre à températures successivement élevées, lorsqu'il n'y avait pas d'écran interposé.

Température du corps chaud dans le foyer.	Rayons transmis à travers le verre.	Rayons totaux.
357°	10°	263°
655	10	139
800	10	75
1760	10	34
Une lampe d'Argand sans sa cheminée.	10	29
Idem, avec sa cheminée de verre. .	10	18

Le docteur Delaroche fait voir ensuite que les rayons calorifiques qui ont déjà passé à travers un écran de verre, éprouvent, en traversant un second écran de verre de nature semblable, une diminution de leur intensité beaucoup moindre qu'en passant à travers le premier écran; et que les rayons émis par un corps chaud diffèrent entre eux dans leur faculté de traverser le verre; qu'un verre épais, quoique autant ou plus perméable à la lumière qu'un verre mince de qualité inférieure, laisse passer une quantité beaucoup plus petite de chaleur rayonnante, la différence étant d'autant moindre que la température de la source rayonnante est plus élevée. Ce fait remarquable que la chaleur rayonnante devient de plus en plus capable de pénétrer le verre à mesure que la température augmente, jusqu'à ce que s'étant élevée à un certain point, les rayons deviennent lumineux, porte à concevoir que la chaleur n'est autre chose qu'une modification de la lumière, ou que les deux substances sont capables de passer l'une dans l'autre. La dernière proposition de M. Delaroche est que la quantité de chaleur qu'un corps chaud abandonne par rayonnement dans un temps donné, à un corps froid placé à distance, augmente, toutes choses égales d'ailleurs, dans un rapport plus grand que l'excès de la température du premier corps sur celle du second. Cette proposition de M. Delaroche

se trouve être en concordance avec les lois reconnues par MM. Petit et Dulong.

La glace elle-même, qui paraît si froide au toucher, deviendrait un foyer de chaleur si elle était transportée dans une chambre où la température de l'air fût de 0° Fahrenheit (— 17°,78 centigrades); et une masse de glace fondante placée en avant du miroir, affecterait la boule du thermomètre, précisément comme le ferait le cube rempli d'eau chaude. Un mélange de neige et de sel marin à 0° deviendrait de la même manière un corps chaud, si ce mélange était transporté dans une atmosphère d'une température de — 40 degrés centigrades. Dans tout ceci, aussi bien que dans nos sensations, nous ne voyons rien d'absolu, rien que de simples différences. Nous sommes donc portés à considérer tous les corps comme projetant à toute température de la chaleur, mais avec des intensités inégales suivant leur nature, leurs surfaces et leur température. L'état de température constante d'un corps résultera de ce que, émettant par rayonnement dans un temps donné, une certaine quantité de chaleur, il en reçoit une quantité égale dans le même temps; et l'égalité de température entre plusieurs corps, affectés entre eux par leur rayonnement réciproque, consistera dans une compensation parfaite des échanges momentanés qui s'effectuent entre un de ces corps et tous. Tel est l'ingénieux principe d'un équilibre mobile proposé par le professeur Prévost, principe dont l'application, faite avec discernement, et combinée avec les propriétés particulières de différentes surfaces, explique tous les phénomènes que nous observons dans la distribution du calorique rayonnant. Ainsi, lorsque nous plaçons une boule de neige au foyer d'un miroir concave, et un thermomètre au foyer d'un miroir opposé à quelque distance, nous apercevons que la température

s'abaisse instantanément, comme s'il y avait réellement un rayonnement de particules frigorifiques, suivant l'ancienne notion. La véritable explication de ce fait se déduit de ce que la chaleur que le miroir-thermoscope avait préalablement reçue de celui actuellement influencé par la neige, est absorbée dans son retour vers ce miroir, qui participe alors de la tension rayonnante inférieure de cette substance. De même aussi un corps noir placé au foyer d'un miroir diminuerait la lumière au foyer de l'autre; et, ainsi que sir H. Davy en a fait la remarque heureuse, l'œil est à l'égard des rayons produisant la lumière, *une mesure* semblable à celle qu'offre le thermomètre relativement aux rayons qui donnent de la chaleur.

Enfin ce qui prouve que cet échange de chaleur a lieu, c'est le rapport qui existe entre la température d'une portion quelconque du ciel, et la température de la surface de la terre située au-dessous. M. Six de Cantorbéry annonça en 1788, dans un mémoire transmis par lui à la Société royale de Londres, que dans des nuits claires, à ciel serein et avec rosée, il avait toujours trouvé le mercure plus bas dans un thermomètre laissé sur la terre dans un pré de son voisinage, qu'il ne l'était dans un thermomètre suspendu dans l'air à environ 2 mètres au-dessus du premier; et que dans une nuit la différence s'élevait à 5° de l'échelle de Fahrenheit (environ 2°,8 centigrades). Le docteur Wells ayant placé, dans l'automne de 1811, un thermomètre sur du gazon humide de rosée et suspendu un second thermomètre dans l'air à 60 centimètres au-dessus de la surface, il trouva une heure après, que le premier thermomètre s'était abaissé de 8° Fahrenheit (4°,4 degrés centigrades). Il considéra d'abord cette production de froid à la surface, comme étant *l'effet* de l'évaporation de l'humidité. Mais, par des observations et expé-

riences subséquentes, il acquit la conviction que le froid n'était pas l'effet, mais la *cause* de la rosée, en déterminant une précipitation d'eau qui est la rosée même. Sous un ciel pur et serein, la terre projette sa chaleur dans l'espace vide, sans en recevoir en retour; mais un nuage qui recouvre le ciel est un miroir concave qui rétablit l'équilibre par contre-rayonnement.

C'est sur ce principe que le professeur Leslie a imaginé un instrument qu'il appelle æthrioscope, dont la fonction est d'indiquer la sérénité et la fraîcheur du ciel. Cet instrument consiste dans une coupe de métal poli, ayant la forme d'un sphéroïde oblong, ressemblant beaucoup à une coupe d'argent à porter. Dans cette coupe posée droite, est placée dans le sens de son axe, la boule d'un thermomètre différentiel, dont la tige est parallèle à la queue ou anse de la coupe. L'autre boule de ce thermomètre est dorée, et tournée en dehors et en haut, de manière à rester contre le côté du vaisseau. La forme la plus convenable à donner à la coupe est celle d'un ellipsoïde, dont l'excentricité est égale à la moitié de l'axe en travers, et par conséquent le foyer placé au tiers de la hauteur totale de la cavité; tandis que le diamètre de la boule du thermoscope serait de près du tiers de l'ouverture de la coupe. On adapte à l'orifice de la coupe un couvercle mince du même métal non poli, et on ne l'en retire que lorsqu'il s'agit de faire une observation. L'échelle attachée à la tige du thermoscope peut s'étendre à 60 ou 70 degrés en millièmes au-dessus du zéro et à environ 15 degrés au-dessous.

Cet instrument, exposé à l'air libre dans un temps clair, indiquera toujours, et pendant le jour et pendant la nuit, dans le langage figuré de l'inventeur, « une impression de froid lancée en bas des régions plus élevées. » Cependant l'effet est

extrêmement variable. Il est le plus grand tant que le ciel est d'un bleu d'azur pur ; il diminue sensiblement à mesure que l'atmosphère devient chargée de nuages qui s'étendent; et il est presque nul lorsqu'il s'y forme des brouillards qui s'abaissent. Le liquide dans la tige descend et s'élève avec chaque nuage qui passe. La modification du thermoscope par le docteur Howard correspondrait bien ici.

La diffusion de chaleur parmi les molécules des fluides *eux-mêmes*, dépend tout à la fois et de leur pesanteur spécifique, et de la chaleur spécifique; et par conséquent cet effet doit varier pour chaque substance particulière. La mobilité des molécules d'un fluide et leur indépendance réciproque entre elles leur permet de changer de place toutes les fois qu'elles sont dilatées ou contractées par des alternations de température, et de là l'effet immédiat et inévitable de communication de chaleur à la couche au-dessous d'une masse fluide, ou de soustraction de chaleur de la couche au-dessus, est de déterminer une suite de mouvemens internes. Les molécules plus froides descendent à raison de leur plus grande pesanteur spécifique, en un courant continuel, et forcent ainsi les molécules raréfiées par la chaleur à s'élever. Lorsque cependant la couche supérieure a acquis *primitivement* une température élevée, elle semble avoir peu de pouvoir pour communiquer la chaleur aux molécules fluides des couches au-dessous. On peut maintenir pendant long-temps de l'eau en ébullition à la surface d'un vase, le fond de ce vase restant froid comme de la glace, pourvu qu'on prenne les précautions nécessaires pour éviter que la chaleur ne descende en passant le long des parois du vase lui-même. Le comte de Rumfort devint tellement persuadé de l'impossibilité de la communication de la chaleur de haut en bas à travers des molécules

fluides, qu'il considéra ces molécules comme étant entièrement dépourvues de la facilité de transmettre la chaleur de l'une à l'autre, et comme capables seulement d'en acquérir en rotation individuelle et directement, d'une source étrangère. La proposition ainsi énoncée d'une manière absolue, est absurde; car nous savons qu'au moyen de mélanges, et par beaucoup d'autres modes, des molécules liquides se communiquent la chaleur entre elles; et il a été établi des expériences qui prouvent que la chaleur descend réellement à travers les liquides par communication d'une couche à une autre; mais il est incontestable que cette communication est extrêmement difficile et lente. Nous sommes donc portés à concevoir que c'est à un contact réel des molécules qu'est due, dans les solides, la facilité de transmission de la chaleur, qui a si promptement lieu d'un point à un autre à travers leur masse. Ce contact de certains poles dans les molécules s'accorde parfaitement avec la considération d'espaces vides où les molécules peuvent glisser l'une sur l'autre dans tous les sens, mouvemens ou condensations par lesquels la chaleur peut être excitée. La condition de liquide est de faire retourner, ou d'éloigner l'un de l'autre les pôles qui se touchent et adhèrent entre eux, d'où résulte la mobilité. On peut établir cette manière de voir, ou comme une représentation de faits ou comme une hypothèse qui aide à les concevoir.

Puisque la diffusion de la chaleur à travers une masse liquide s'établit presque uniquement par les courans internes, quels que soient les obstacles qu'ils doivent opposer au changement de température, il s'ensuit que des liquides mêlés avec de la matière poreuse, telle que la soie, la laine, le coton, le duvet, la fourrure, l'amidon, le mucilage, etc., se refroidissent plus lentement que dans leur état

pur et limpide; de là résulte aussi que des tartes de pommes et de potages conservent très peu de temps leur chaleur, comparativement au même volume d'eau chauffée au même degré et exposée à l'air froid dans des vaisseaux couverts de la même manière. Il a déjà été fait mention du pouvoir conducteur des corps gazeux. Je ne connais pas d'expériences qui aient déterminé d'une manière satisfaisante en nombres le pouvoir conducteur relatif des liquides. Le mercure pour un liquide jouit d'un haut pouvoir conducteur, ce qui est dû à sa densité, à sa nature métallique et à son peu de chaleur spécifique.

La transmission de la chaleur dans les corps solides fut l'objet de quelques expériences intéressantes du docteur Ingenhouse. Il prit un certain nombre de verges métalliques de mêmes longueur et épaisseur; et après avoir enduit de cire, sur la longueur de quelques centimètres, une des extrémités de chacune d'elles, il les plongea par leur autre extrémité, dans un liquide chauffé; la chaleur pénétra la matière de chaque verge qu'elle parcourut, ce qui se manifesta bientôt par l'amollissement de la cire. L'ordre dans lequel cette cire se fondit dans cette expérience, et par conséquent l'ordre de faculté conductrice relativement à la chaleur, est ainsi qu'il suit, savoir :

1. Argent.		Platine.	Très inférieurs aux autres.
2. Or.		Fer.	
3. Cuivre.	A peu près égaux entre eux.	Acier.	
4. Etain.		Plomb.	

Ayant répété l'expérience, je trouvai que l'argent était de beaucoup le meilleur conducteur; ensuite venaient le laiton, le fer et l'étain, qui étaient égaux en faculté conductrice, puis la fonte, et après le zinc, et le dernier de tous, le plomb. Les pierres denses suivent les métaux dans leur

pouvoir de conduire la chaleur, d'abord les briques et la poterie; et, à un long intervalle, le verre. On peut tenir long-temps entre les doigts une verge de ce corps particulier à la distance de 25 millimètres du point où elle a été mise à l'état d'ignition, et fondue au chalumeau. C'est à raison de ce pouvoir conducteur inférieur de la pierre, de la poterie, du verre et de la fonte, que l'application subite de la chaleur à ces corps les fait si facilement éclater. La partie qui éprouve l'action du calorique se dilate; tandis que les parties adjacentes, conservant leur première forme et leur volume, ne se prêtent pas au changement, ce qui doit nécessairement produire une rupture. Les bois et les os sont meilleurs conducteurs que le verre; mais les progrès de la chaleur dans ces corps, à des températures élevées, peuvent être favorisés par la vaporisation de leurs sucs. Le charbon et la sciure de bois occupent un rang très inférieur dans l'ordre de la faculté conductrice de chaleur; il en résulte que le premier de ces corps, le charbon, convient parfaitement pour arrêter la dispersion de chaleur dans les fourneaux de métal. Si les côtés de ces fourneaux sont formés de plaques doubles du métal séparées par un intervalle de 25 millimètres, et que cet intervalle soit rempli de charbon pulvérisé, il pourra y exister intérieurement une chaleur intense, tandis que l'extérieur sera à peine affecté. Guyton-Morveau a établi le rapport du pouvoir conducteur du charbon à celui du sable fin, comme étant de 2 à 3, différence beaucoup trop petite. Les substances organiques spongieuses, telles que la soie, la laine, le coton, etc., sont encore plus mauvais conducteurs de la chaleur qu'aucune des substances ci-dessus; et plus les fibres de ces corps sont fines, et plus leur pouvoir conducteur est faible. C'est sur ce principe qu'est fondée la théorie de l'habillement.

La chaleur produite par les facultés animales s'accumule autour du corps, en raison de ce que le vêtement se compose de conducteurs imparfaits.

On reconnaît la loi exacte de la propagation de la chaleur dans les corps solides, au moyen d'une barre de fer prismatique, longue d'un mètre, percée sur l'un de ses côtés de trois trous à 25, 50 et 75 centimètres de distance de son extrémité; chacun de ces trous pouvant recevoir du mercure et la petite boule d'un thermomètre sensible. Après avoir alors percé dans son milieu une feuille de fer-blanc d'un trou qui s'adapte exactement à la barre de fer, on y fixe cette feuille, faisant fonction d'écran, à l'effet de garantir la barre et les thermomètres du rayonnement du foyer de chaleur. On plonge obliquement l'extrémité de la barre de fer dans de l'huile ou du mercure, à un degré connu de chaleur, et l'on place les thermomètres dans leurs trous, la boule entourée d'un peu de mercure. Ou bien, on peut maintenir la barre dans une position horizontale, après l'avoir recourbée à angles droits à 25 ou 50 centimètres de son extrémité. Soient actuellement les trois thermomètres logés dans les trous désignés par les lettres A, B, C. S'il ne se faisait pas de déperdition de la chaleur, chaque thermomètre monterait continuellement jusqu'à ce qu'il eût atteint la température de la source de chaleur; mais, dans toutes les expériences, le rayonnement et les courans d'air modifient ce résultat, ces causes donnant lieu à ce que les thermomètres montent moins vite, et s'opposant à ce qu'ils atteignent jamais la température de l'extrémité de la barre. Et en effet, l'état de ces thermomètres devient stationnaire, toutes les fois que l'excès de température, qui leur est communiqué à chaque instant par la section précédente de la barre, ne fait que compenser ce qu'ils perdent par le contact de la section suivante

de la barre, et les autres causes de déperdition de la chaleur. Les trois thermomètres indiquent alors trois termes de température, mais qui vont en diminuant progressivement en raison de leur plus grand éloignement de la source de la chaleur. En formant une équation d'après les résultats de l'expérience, M. Laplace a fait voir que les difficultés que présente le calcul ne peuvent être levées qu'en admettant qu'un point déterminé est influencé, non seulement par ceux qui le touchent, mais encore par les points qui l'avoisinent à une petite distance en avant et en arrière de ce point. Alors les lois de l'homogénéité se trouvent rétablies, et toutes les règles du calcul différentiel sont observées.

Or, pour que l'influence calorifique se fasse ainsi sentir à distance dans l'intérieur de la barre, il faut qu'il s'y opère, à travers la substance même des élémens solides, un véritable rayonnement analogue à celui observé dans l'air, mais dont l'influence sensible est bornée à des distances incomparablement plus petites. Ce résultat n'a rien d'improbable. En effet, Newton nous a appris que tous les corps, même les plus opaques, deviennent transparens lorsqu'ils sont suffisamment amincis; et les recherches les plus exactes sur le calorique rayonnant prouve qu'il n'émane pas seulement de la surface extérieure des corps, mais aussi des molécules matérielles situées sous cette surface, devenant sans doute insensible à une très légère profondeur, qui varie probablement dans le même corps avec sa température.

MM. Biot, Fourier et Poisson, trois des mathématiciens et des physiciens les plus éminens du siècle, se sont distingués dans cette recherche difficile. La formule qui suit est celle de M. Biot, lorsque l'une des extrémités de la barre est maintenue à une température constante, l'autre en étant

assez éloignée pour rendre sensible l'influence de la source. Soit y, représentant en degrés du thermomètre la température de l'air dont la barre est environnée; soit la température du foyer $y+Y$; alors l'intégral devient log. $y = \log. Y - \frac{M}{x} \sqrt{\frac{b}{a}}$. x est la distance de l'extrémité chaude de la barre; a et b sont deux coefficiens supposés constans pour toute la longueur de la barre, ce qui sert à accommoder la formule à tout cas possible, et doit être assigné, dans chaque cas, conformément à deux observations. M est le module des tables ordinaires de logarithmes, ou le nombre 2,302585. M. Biot présente plusieurs tables d'observations, dans lesquelles il fut en même temps appliqué à des points successifs de la barre, quelquefois 8, et quelquefois 14 thermomètres; et alors il calcule, d'après la formule ci-dessus, quelle devait être la température de ces points successifs, celle de la source de chaleur étant donnée; *et vice versâ*, quelle devait être la température de la source, d'après les indications des thermomètres. On trouve qu'il existe une concordance complète entre la théorie et le fait; et, par conséquent, on peut indiquer cette formule de M. Biot, comme représentant le véritable état de la barre. Quant à l'application de cette théorie, pour déterminer, par exemple, la température d'un fourneau, en y tenant introduite la barre de fer thermoscope, nous avons à regretter son insuffisance. M. Biot lui-même, après avoir fait voir sa coïncidence exacte à toutes températures, jusqu'à celle de la fusion du plomb, déclare qu'il pense qu'elle ne peut s'appliquer à de hautes chaleurs. Mais il me semble qu'il n'est pas difficile de rendre *par expérience* la barre de fer thermoscope, un instrument très utile pour donner des indications pyrométriques importantes. L'extrémité de cette barre à exposer à la chaleur, re-

couverte d'argile à feu, ou doublée avec du platine, serait tenue, sur une longueur de quelques centimètres, dans la flamme, et des gouttes d'huile étant introduites dans les trois cavités successives de la barre, on mesurerait les températures de cette huile, lorsqu'elles seraient devenues stationnaires, et l'on prendrait note du temps qu'aurait exigé la production de cet effet. Un pyroscope de cette espèce ne pourrait manquer d'être, entre les mains du chimiste praticien, aussi bien que dans les manufactures de verre, de poterie, d'acier, etc., un moyen d'information utile.

2. *De la chaleur spécifique.* — Si l'on prend des poids ou des volumes égaux d'une suite de substances, par exemple, un kilogramme ou une pinte d'eau, d'huile, d'alcool, de mercure, et qu'après avoir chauffé séparément chacune de ces substances dans un vaisseau mince, à la même température, c'est-à-dire que, par exemple, de 15°5 centigrades, température de l'air atmosphérique, on les élève à celle de 25 ou 40 degrés, alors ces quatre corps, en se refroidissant jusqu'à ce qu'ils soient revenus à leur premier état, communiqueront aux milieux qui les environnent différentes quantités de chaleur; et réciproquement, la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température de masses égales de corps divers à un nombre égal de degrés thermométriques est différente, mais spécifique pour chaque corps. Dans un autre point de vue, on peut considérer les chaleurs spécifiques des corps comme se rapportant à leur changement de forme, lorsque de l'état gazeux ils passent à l'état liquide, et de celui-ci à l'état solide. Ainsi, la vapeur d'eau à 100 degrés n'éprouve, en devenant un liquide, aucun changement de cette température thermométrique de 100°, et cependant elle communique, par ce changement d'état, une grande quantité de chaleur

aux corps environnans; et de même, l'eau liquide à 0°, en devant le solide appelé glace, n'éprouve pas de changement dans sa température, telle qu'elle est indiquée par le thermomètre, et cependant elle abandonne beaucoup de chaleur à la matière environnante. On peut donc étudier les chaleurs spécifiques sous la double considération, 1°. des chaleurs spécifiques des corps lorsqu'ils conservent leur même état; 2°. des chaleurs spécifiques dérivant nécessairement du changement d'état, ou qui sont développées par ce changement. Les chaleurs spécifiques des corps, dans le premier cas, s'appellent ordinairement les capacités des corps pour le calorique; et dans le second cas, la chaleur latente des corps.

1. *Chaleurs spécifiques des corps, pendant qu'ils n'éprouvent pas de changement d'état.*

On a eu recours à trois méthodes expérimentales distinctes pour déterminer les pesanteurs spécifiques des corps. Dans toutes, c'est l'eau qui a été adoptée comme terme de comparaison, ou unité. 1. Par la *première* de ces méthodes, un poids ou un volume donné du corps à examiner, étant chauffé jusqu'à un certain point, on le mêle aussitôt avec un poids ou un volume donné d'un autre corps à une température différente; et la température qui résulte du mélange, fait connaître le rapport qui existe entre les chaleurs spécifiques des deux corps; d'où il suit que si le second corps est l'eau, ou toute autre substance dont le rapport avec ce liquide est déterminé, les chaleurs spécifiques relatives du premier corps et de l'eau seront connues. Il est, dans l'emploi de cette méthode, une précaution essentielle à prendre pour éviter toute action chimique, comme celle qui a eu lieu dans le mélange d'eau avec

de l'alcool ou des acides. Prenons l'huile pour exemple : si un kilogramme d'huile à 33 degrés centigrades est mêlé avec un kilogramme d'eau à 15 degrés, la température résulante du mélange ne sera pas celle moyenne de 24 degrés, mais cette température ne sera que de 21 degrés. Et réciproquement, si l'on mêle un kilogramme d'eau, chauffée à 33 degrés centigrades, avec un kilogr. d'huile à 15 degrés, la température du mélange sera de 27 degrés. On voit ici que l'eau, dans le premier cas, acquérait 6 degrés de chaleur, tandis que l'huile en avait perdu 12; et que, dans le second cas, l'eau avait perdu 6 degrés de chaleur, tandis que l'huile en avait gagné 12. On peut donc dire d'après cela, que la chaleur spécifique de l'eau est double de celle de l'huile, ou que la même quantité ou intensité de chaleur qui fera varier la température de l'huile, de 12 degrés, ne changera celle de l'eau que de 6 degrés; et par conséquent, la chaleur spécifique, ou la capacité de l'eau pour la chaleur étant 1,000, la capacité de l'huile pour la chaleur sera 0,500. Lorsque, par des circonstances particulières, l'expérience se fait à poids inégaux, la différence à établir nécessite une réduction arithmétique convenable. Cette méthode est celle originairement employée par Black, Irvine et Crawford.

La *seconde* méthode est, à quelques égards, une modification de la première. La masse chauffée de la substance dont on recherche la chaleur spécifique, est tellement entourée d'une grande quantité de la matière qui sert de terme de comparaison à une température inférieure, que toute la chaleur qu'abandonne la première substance en refroidissant, est reçue par la seconde. Nous pouvons rapporter à cette méthode, 1°. le moyen qu'avait adopté Wilcke, de tenir un morceau de métal chauffé suspendu au centre d'une masse d'eau

froide contenue dans un vaisseau mince; 2°. le mode auquel Lavoisier et M. Laplace eurent recours, qui consistait, au moyen de leur élégant CALORIMÈTRE, à placer une masse chauffée de matière au centre d'un entourage de glace, et à inférer la chaleur spécifique de la quantité de glace qui était rendue liquide; 3°. la méthode de MM. Berard et Delaroche, qui faisaient traverser lentement et uniformément, par un gaz chauffé à une température connue, les spires d'un serpentin fixé dans un cylindre d'eau froide, jusqu'à ce que cette eau se fût élevée à une température stationnaire. Ils reconnurent alors qu'à partir de ce point, l'excès de la température stationnaire du cylindre sur celle de l'air ambiant, devient proportionnel à la quantité de chaleur abandonnée par le courant de gaz ayant traversé le cylindre. Chaque gaz était définitivement chauffé à une température déterminée, en lui faisant traverser un tube droit d'un petit diamètre, placé dans l'axe d'un gros tube rempli avec de la vapeur d'eau bouillante. Les chaleurs spécifiques des gaz étaient comparées à celle de l'eau par deux moyens. Le premier consiste à soumettre le cylindre que MM. Berard et Delaroche appellent *calorimètre*, à l'action d'un courant d'eau parfaitement régulier, et assez lent pour qu'il ne produise pas un plus grand effet que le courant des différens gaz. Le second moyen consiste à déterminer par le calcul la quantité réelle de chaleur que le calorimètre, parvenu à sa température stationnaire, peut perdre dans un temps donné; car, puisque lorsqu'il est arrivé à ce point, il n'échauffe plus, quoique la source de chaleur continue à lui être appliquée, il est évident qu'il perd alors autant de chaleur qu'il en reçoit. MM. Berard et Delaroche employèrent successivement ces deux moyens. D'après leur appareil singulièrement ingénieux, et la précision

de leurs observations, on peut considérer leurs déterminations comme méritant un degré de confiance qui ne pouvait être accordé aux résultats précédemment obtenus sur la chaleur spécifique des gaz. Elles ont complétement renversé ce qu'avaient hypothétiquement établi Black, Lavoisier et Crawford, sur la chaleur développée dans la combustion et la respiration, tandis qu'elles viennent à l'appui de la manière de voir de sir Humphry Davy.

La *troisième* méthode pour déterminer les chaleurs spécifiques des corps, consiste à suspendre, dans un milieu uniforme froid, une masse connue chauffée à une certaine température, jusqu'à ce que cette température s'abaisse d'un certain nombre de degrés thermométriques, en notant avec soin, au moyen d'une montre, le temps écoulé. Il est évident que si les corps sont revêtus de la même enveloppe, comme, par exemple, de verre ou de métaux polis ; s'ils sont suspendus dans le même milieu, avec le même excès de température; et si leur constitution intérieure, relativement à la faculté conductrice de la chaleur, est aussi la même, alors leurs chaleurs spécifiques seront en raison directe des temps de refroidissement. J'ai fait l'essai de cette méthode, et j'ai trouvé qu'elle donne facilement, dans les cas ordinaires, de bonnes approximations. Il fut publié, *Annals of Philosophy*, octobre 1817, quelques uns des résultats du Dr Ure obtenus avec l'eau, l'acide sulfurique, l'huile spermaceti et l'huile de térébenthine. Un globe de verre mince, de la capacité de 100 grammes d'eau, fut successivement rempli de ce liquide et d'autres ; et après l'avoir chauffé, dans chaque cas, au même degré de température, on le suspendait avec un thermomètre très sensible qui y était plongé, dans une grande chambre, de température uniforme. Les temps comparatifs

de refroidissement d'un nombre égal de degrés du thermomètre étaient notés avec soin, dans chaque cas, au moyen d'une montre.

La différence de mobilité dans les molécules liquides, peut être considérée comme étant très peu sensible aux températures de 38 et 76 degrés centigrades. A des températures inférieures au-dessous de celle de 27° centigrades, par exemple, l'acide sulfurique concentré, aussi-bien que l'huile de spermaceti, devenant des liquides visqueux, ils donneraient lieu à des résultats erronés.

Cette méthode a été dernièrement mise en pratique, avec les plus habiles perfectionnemens, par MM. Petit et Dulong. Leurs expériences furent faites sur des métaux réduits en poudre très fine, renfermés, et fortement tassés dans un vase cylindrique d'argent très mince, d'une petite capacité, et dont l'axe était occupé par le réservoir du thermomètre. Ce cylindre, contenant environ 26 grammes de la substance, chauffé à environ 7 degrés centigrades d'excès sur l'air ambiant, était suspendu au centre d'un vaisseau noirci intérieurement, entouré de glace fondante et vidé d'air, pour retarder la marche d'un refroidissement qui généralement se prolongeait pendant 15 minutes. Les résultats de ces expériences de MM. Petit et Dulong[1] ont fait découvrir, entre les chaleurs spécifiques et les atômes des métaux, un rapport que l'on n'avait pas supposé exister, et d'où dérive la loi suivante, savoir : que *les atômes de tous corps simples ont exactement la même capacité pour la chaleur;* d'où il suit que la chaleur spécifique d'une substance simple, multipliée par le poids de son atôme, devait toujours donner le même produit.

La loi des chaleurs spécifiques étant ainsi établie pour les substances élémentaires, il devenait très important d'envisager, sous le même point de vue, les chaleurs spécifiques des corps composés.

Leur procédé, s'appliquant indifféremment à toutes les substances, quelle que soit leur conductibilité ou leur état d'aggression, ils avaient pu soumettre à l'expérience un grand nombre de corps, dont les proportions peuvent être considérées comme fixées; mais lorsqu'ils cherchèrent à remonter de ces déterminations à celle de la chaleur spécifique de chaque atôme composé, par une méthode analogue à celle qu'ils avaient employée pour les corps simples, ils se trouvèrent arrêtés par le nombre de suppositions également vraisemblables, entre lesquelles il leur fallait choisir. Si le mode, disent-ils, de fixation des poids des atômes des corps simples n'a pu encore être soumise à une règle certaine, celle des atômes des corps composés a été, *à fortiori*, déduite de suppositions purement arbitraires. En attendant, ils croient devoir se contenter de dire qu'en faisant abstraction de toute supposition particulière, les observations qu'ils ont faites jusqu'ici, tendent à établir cette loi très remarquable, savoir: qu'il existe toujours un rapport très simple entre la capacité pour la chaleur des atômes composés, et celle des atômes élémentaires.

Nous insérerons ici des tables des chaleurs spécifiques déterminées par les recherches récentes de ces chimistes français. MM. Petit et Dulong remarquent avec raison, « que toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour reconnaître quelques lois dans les chaleurs spécifiques des corps, ont été totalement infructueuses. On n'en sera point étonné, si l'on fait attention à l'extrême inexactitude des mesures; car, si l'on en excepte celles dues à Lavoisier et à M. Delaplace, mais qui malheureusement sont bien peu nombreuses, et celles qui ont été prises par MM. Delaroche et Berard, mais seulement pour des fluides élastiques, on est forcé de convenir que la plupart des

autres sont extrêmement erronées, comme nos propres expériences nous l'ont appris, et comme on pouvait déjà le conclure de la grande discordance des résultats obtenus pour les mêmes corps par divers physiciens. » Nous devons excepter de cette censure les résultats des recherches récentes de MM. Clément et Desormes sur les gaz, résultats que je considère comme méritant autant de confiance que ceux de MM. Berard et Delaroche.

TABLE I. — *Des chaleurs spécifiques du Gaz, par* MM. BERARD *et* DELAROCHE.

	VOLUMES égaux.	POIDS égaux.	PESANTEUR spécifique.
Air.	1,0000	1,0000	1,0000
Hydrogène.	0,9033	12,3401	0,0732
Acide carbonique. .	1,2583	0,8280	1,5196
Oxigène	0,9765	0,8848	1,1036
Azote.	1,0000	1,0318	0,9691
Oxide d'azote.	1,3503	0,8878	1,5209
Gaz oléfiant.	1,5530	1,5763	0,9885
Oxide de carbone. .	1,0340	1,0805	0,9569

Pour réduire les nombres ci-dessus au terme de comparaison avec l'eau, il fut employé trois moyens différens, par lesquels les trois nombres 0,2498, 0,2697 et 0,2813 furent obtenus pour l'air atmosphérique. MM. Berard et Delaroche ont pris, pour terme moyen, le nombre 0,2669, auquel tous les résultats ci-dessus sont rapportés, ainsi qu'il suit :

Table II.

Eau	1,0000	Azote	0,2754
Air	0,2669	Oxide d'azote	0,2369
Gaz hydrogène	3,2936	Gaz oléfiant	0,4207
Acide carbonique	0,2210	Oxide de carbone	0,2884
Oxigène	0,2361	Vapeur aqueuse	0,8470

Les résultats suivans sont ceux obtenus par MM. Clément et Desormes, pour des volumes égaux aux températures de zéro, à 60 degrés centigrades.

Table III.

	Baromètre.	Clément et Desormes.	Delaroche et Berard.
Air atmosphérique à	0,751	1,215	1,2396
Idem à	0,758	1,000	1,0000
Idem à	0,379	0,693	
Idem à	0.188	0,540	
Idem à	0.095	0.368	
Idem, chargé d'éther	0,758	1,000	
Azote	0,758	1,000	1,0000
Oxigène	0,758	1,000	0,974
Hydrogène	0,758	0,664	0,9033
Acide arbonique	0,758	1,500	1,2583

Le rapport de la chaleur spécifique de l'air à celle de l'eau est, d'après MM. Clément et Desormes, comme 0,250 à 1,000, ou exactement du quart. La dernière table, qui est extraite du Journal de Physique, donne la chaleur spécifique de l'oxigène par MM. Delaroche et Berard, un peu diffé-

rente de leur propre nombre, table I, *Annales de Chimie*, volume 85. Le résultat le plus remarquable de ceux annoncés par MM. Clément et Desormes est celui concernant l'acide carbonique, qui étant réduit au terme de comparaison en poids, donne le rapport de la chaleur spécifique de cet acide, comparée à celle de l'air, comme étant d'environ 0,987 à 1,000, tandis que celle de l'oxigène est seulement de 0,9000. Les premières tables de Crawford et Dalton donnent la chaleur spécifique de l'oxigène = 2,65, et celle de l'acide carbonique = 0,586 comparativement à celle de l'air étant 1,000. Et c'est sur ces nombres très erronés qu'ils ont établi leur système hypothétique de la chaleur latente, de la combustion et de la température animale.

On voit, d'après les expériences sur l'air à des densités différentes, que sa chaleur spécifique diminue suivant une loi beaucoup moins rapide que sa pesanteur spécifique. Lorsque la dilatation de l'air est portée au quadruple de son volume, sa chaleur spécifique devient 0,540; et lorsque cette dilatation est de huit fois le volume, sa chaleur spécifique est 0,368. Les densités en progression géométrique 1, $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$, correspondent à peu près aux chaleurs spécifiques dans la série arithmétique 5, 4, 3, 2. D'où il suit aussi, que la chaleur spécifique de l'air atmosphérique, et probablement de tous les gaz, considérée sous le rapport de son poids ou de sa masse, diminue comme la densité augmente. C'est d'après ce principe de l'augmentation de chaleur spécifique relativement à sa masse, qu'a été expliqué le phénomène depuis long-temps observé du froid intense qui règne sur les sommets de montagnes, et généralement dans les régions supérieures de l'atmosphère; et c'est d'après ce principe aussi, qu'il a été rendu raison de ce dé-

gagement prodigieux de chaleur qui a lieu par une forte condensation de l'air. Suivant M. Gay-Lussac, une condensation de l'air aux quatre cinquièmes de son volume suffit pour mettre le feu à de l'amadou ; et si pour cette condensation on fait usage d'une pompe à piston en verre, on voit un vif éclat de lumière accompagnant la condensation.

Table IV. — *Des chaleurs spécifiques de quelques solides, déterminées par* MM. Petit et Dulong.

	Chaleurs spécifiques, celle de l'eau étant = 100.	Poids des atômes, l'oxigène étant = 1.	Produit de ces deux nombres.
Bismuth	0,0288	13,300	0,3830
Plomb..	0,0293	12,950	0,3794
Or.....	0,0298	12,430	0,3704
Platine..	0,0314	11,160	0,3740
Étain...	0,0514	7,350	0,3779
Argent..	0,0557	6,750	0,3759
Zinc....	0,0927	4,030	0,3736
Tellure..	0,0912	4,030	0,3675
Cuivre..	0,0949	3,957	0,3755
Nickel..	0,1035	3,690	0,3819
Fer.....	0,1100	3,392	0,3731
Cobalt..	0,1498	2,460	0,3685
Soufre...	1,1880	2,011	0,3780

Les produits ci-dessus, qui expriment les capacités des atômes de différente nature, approchent tellement d'être égaux entre eux, que les légères différences qu'ils présentent doivent provenir d'erreurs inévitables, soit dans la mesure des capacités, soit dans les analyses chimiques ; surtout si l'on considère que, dans certains cas, les erreurs dérivées de ces deux sources peuvent être dans le

même sens, et par conséquent, se trouver multipliées dans le résultat. Chaque atôme de ces corps simples semble donc, ainsi qu'il a été déjà établi, avoir la même capacité pour la chaleur.

Il se présente actuellement ici une question importante, celle de savoir si les chaleurs spécifiques des différens corps solides et liquides sont uniformes à différentes températures, ou si elles varient avec la température. Cette question peut être exprimée d'une manière plus claire en la posant ainsi : un corps en refroidissant d'un certain nombre de degrés thermométriques à une haute température, abandonne-t-il la même quantité de chaleur qu'en refroidissant du même nombre de degrés à une température plus basse? Aucun moyen ne semble être plus convenable à adopter, pour résoudre ce problème, que la mesure du refroidissement produit, par les mêmes poids de glace, sur des poids uniformes d'eau à différentes températures. M. Dalton trouva, en faisant usage de ce moyen, qu'il faut autant de chaleur pour élever l'eau de 5° Fahrenheit (2°,8 centigrades) dans la partie plus basse de l'échelle, qu'il en est nécessaire pour l'élever de 4° dans la partie plus haute de cette échelle centigrade, et de 3°,4 dans le milieu. — *Dalton's new System of Chemical Philosophy*. Vol. I, pag. 53.

M. Dalton, au lieu d'adopter la conclusion évidente que la capacité de l'eau pour la chaleur est plus grande aux températures plus basses qu'aux températures plus élevées, et que par conséquent avec un plus petit nombre de degrés à une température plus basse, il se fondrait autant de glace que par un plus grand nombre de degrés à une température supérieure, attribue la déviation qu'indiquent les nombres 2,8 3,4 et 4, degrés centigrades, aux erreurs graves de la graduation thermométrique ordinaire; et ces erreurs, il les

considère comme tellement excessives, que non seulement elles égalent, mais qu'elles contrebalancent de beaucoup l'augmentation *réelle* de la chaleur spécifique, ou capacité de l'eau pour la chaleur. Il est, dit le Dr Ure, aujourd'hui complétement admis par les chimistes physiciens, qu'il n'existe pas dans la marche de notre échelle thermométrique une si prodigieuse déviation de celle véritable; et par conséquent, la seule induction convenable à tirer de ces expériences de M. Dalton est, que la capacité de l'eau *décroît* comme sa température *augmente*. Il est bon de remarquer que les expériences du docteur sur les temps relatifs de refroidissement d'un globe de verre, rempli successivement d'eau, d'acide sulfurique concentré, d'huile ordinaire et d'huile de térébenthine, donnent exactement les mêmes résultats que M. Dalton avait obtenus du mélange de 60 grammes de glace avec 60 d'eau, à différentes températures. Cette concordance est d'autant plus satisfaisante, que quand son Mémoire sur les chaleurs spécifiques des corps ci-dessus, inséré *Annals of Philosophy*, octobre 1817, fut écrit, il n'avait, dit-il, aucune réminiscence des expériences de M. Dalton.

Dans ce même journal, *Annals of Philosophy*, mars 1819, le docteur Thomson, en rendant compte du Mémoire du Dr Ure, a fait les observations suivantes : « Le second objet que discute le Dr Ure dans son Mémoire est l'opinion de M. Dalton que le thermomètre ordinaire est un instrument inexact pour mesurer la chaleur, et que le mercure ainsi que tous autres liquides se dilatent comme le carré de la température, à partir du point de congélation. Il est inutile d'entrer particulièrement dans le détail des faits que renferme cette partie du Mémoire, les opinions de M. Dalton sur ce sujet ayant été déjà reconnues non fondées par les expériences de MM. Petit et Dulong. Ce qu'établit le docteur Ure, que la capacité des corps pour le

calorique diminue comme la température augmente, est directement contraire aux résultats des expériences de MM. Petit et Dulong sur ce sujet. Cela semble aussi contraire à l'analogie dans d'autres cas. On sait que la capacité des fluides élastiques s'accroît à mesure qu'ils deviennent plus rares, et que le plus rare des fluides élastiques est celui dont la capacité est la plus grande. Il y a toute raison, je pense, de considérer qu'il en devait être ainsi ; car plus les molécules d'un corps sont éloignées entre elles, plus la quantité de chaleur doit être grande pour produire sur ce corps un effet donné. »

La première partie de ce passage donnerait naturellement lieu à en inférer, dit le Dr Ure, que j'avais entrepris de réfuter ce qui l'avait déjà été. Mais il doit être à la connaissance personnelle du Dr Thomson que j'avais terminé et envoyé mon Mémoire à Londres, plusieurs mois avant que celui de MM. Petit et Dulong fût publié. De plus, dans une question d'une telle importance pour la science physique, dont l'objet est d'établir si le thermomètre est un indicateur exact des accroissemens de température, on doit certainement désirer que la recherche soit dirigée d'après *deux* méthodes originales et indépendantes. Le docteur Thomson a mal jugé ma manière de voir relativement à la capacité. J'ai cherché à fournir par l'expérience quelque preuve que la capacité de l'eau pour la chaleur diminue à mesure que sa température s'élève du terme de sa congélation à celui de son ébullition ; mais j'étais bien loin de vouloir violer les règles de la physique, au point de tirer une conséquence *générale* d'un cas *particulier;* et au contraire, pour faire voir que la proposition ne s'applique pas à tous les corps, j'ai émis l'idée que peut-être c'était une propriété particulière à l'eau, comme celle de se dilater par la di-

minution de sa chaleur, après avoir été refroidie à — 4 degrés centigrades.

L'absence totale, dans les gaz, de l'attraction de cohésion, ce pouvoir qui *gouverne* les phénomènes des solides relativement à la chaleur, et *modifie* ceux des liquides, rend l'analogie des fluides élastiques, mise en avant par le docteur Thomson, entièrement insignifiante. « La circonstance ci-dessus relativement à l'eau, rend ce liquide particulièrement propre à servir de magasin et de régulateur de la température du globe. Puisqu'à nos chaleurs atmosphériques ordinaires, elle jouit de la plus grande faculté pour le calorique, de petites variations dans sa température lui donnent un grand pouvoir modifiant sur l'air ambiant. » Transactions philosophiques pour 1818, ou *Tilloch's magazine*, vol. 58. Le Dr Ure annonce avoir lu avec attention le mémoire de MM. Petit et Dulong relativement aux résultats de leurs expériences sur ce sujet, résultats que le docteur Thomson annonce être directement contraires aux siens, mais il n'y a rien pu trouver qui touche à sa proposition à l'égard de l'eau. Leurs expériences les portent à conclure que les capacités des corps *métalliques* suivans croissent avec l'élévation de leur température dans les proportions ci-après.

TABLE V. — *Des capacités pour la chaleur.*

	Capacités moyennes entre 0° et 100°	Capacités moyennes entre 0° et 300°
Mercure.....	0,0330	0,0350
Zinc........	0,0927	0,1015
Antimoine....	0,0507	2,0549
Argent......	0,0557	0,0611
Cuivre.....	0,0949	0,1013
Platine......	0,0335	0,0355
Verre.......	0,1770	0,1900

La capacité moyenne du fer fut déterminée aux quatre intervalles de température, ainsi qu'il suit :

De 0° à 100° la capacité est de.	0, 098
De 0° à 200°.	0,1150
De 0° à 300°.	0,1218
De 0° à 350°.	0,1255

Si l'on estime les températures, comme quelques physiciens l'ont proposé, par les rapports des quantités de chaleur que le même corps abandonne en se refroidissant jusqu'à une température déterminée, pour que ce calcul fût exact il faudrait que le corps, en refroidissant par exemple de 300° à 0°, abandonnât trois fois autant de chaleur qu'en descendant de 100° à 0°. Mais il en fournit au-delà du triple, puisque les capacités sont croissantes; on trouverait donc une température trop élevée. On a rassemblé dans le tableau suivant les températures qui résulteraient des quantités de chaleurs abandonnées en employant les différens métaux inscrits dans le tableau qui précède. Il faut supposer que ces métaux ont été tous placés dans un même bain liquide à 300° d'un thermomètre à air.

Fer.	332°,2
Mercure	318 ,2
Zinc	328 ,5
Antimoine	324 ,8
Argent.	329 ,3
Cuivre	320 ,0
Platine.	317 ,9
Verre	322 ,1

Il a été entrepris des expériences et établi des théorèmes pour déterminer la quantité absolue de chaleur dans les corps, et le terme de la privation totale de ce pouvoir, ou le froid absolu, sur l'échelle thermométrique. Le principe général d'après lequel la plupart de ceux qui se sont livrés

à ces recherches ont procédé, est dû au docteur Irvine. En supposant, par exemple, que la capacité de la glace pour la chaleur soit à celle de l'eau comme 8 à 10, à la température de 0°, on sait que pour la conversion en eau d'un certain poids de glace, il faut autant de chaleur qu'il en serait nécessaire pour chauffer le même poids d'eau à 60 degrés centigrades. D'où il suit que 60° représentent deux dixièmes ou un cinquième de la chaleur totale de l'eau liquide; et par conséquent, cette chaleur totale sera $5 \times 60 = 300$ au-dessous de 0°. Il est inutile de présenter des équations algébriques sur un principe probablement erroné, et qui certainement a donné lieu, dans l'expérience, à des résultats pour la plupart discordans. M. Dalton a traité ce sujet sous un point de vue général, dans sa section sur le zéro de température.

Si l'on établit le rapport de la capacité de la glace pour la chaleur à celle de l'eau, comme étant de 9 à 10, alors le terme du zéro réel sera de. . . . . 760° centig.

Des quantités de chaleur dégagées de mélanges d'acide sulfurique et d'eau dans des proportions différentes, et en comparant la capacité du composé avec celles des parties qui le constituent, Gadolin déduisit les nombres ci-contre :	1610 932 821 1447 1777 949

M. Dalton, d'après la chaleur dégagée de mélanges d'acide sulfurique et d'eau.	3538
Id. . . *Id.* . . *Id.* . .	2288
Id. . . *Id.* . . *Id.* . .	3315

Il pense que ces nombres ne se rapprochent pas de plus près de la vérité que ceux de Gadolin.

D'après la chaleur dégagée dans l'extinction de la chaux, comparée aux chaleurs spécifiques du

8

composé et de ses parties constituantes, la chaux et l'eau, M. Dalton donne le zéro à 2350° centigr.

D'après la chaleur dégagée d'un mélange d'acide nitrique et de chaux, il le porte à. 6093

Et d'après la chaleur dégagée dans la combustion de l'hydrogène, à. 2982

Les expériences de Lavoisier et de M. Laplace portent la chaleur dégagée de la chaux éteinte, à... 1887

Les mélanges d'acide sulfurique et d'eau, à. 4017

Id. . . *Id.* . . *Id.* . 1425

Ils évaluent la chaleur dégagée d'un mélange d'acide nitrique et de chaux, à. 13225

Le docteur Irvine place le zéro au-dessous de — 1°,11, à. . . . 482

Et le docteur Crawford, *id.* . *id.* 815

Le résultat ci-dessus des expériences de Lavoisier et de M. Laplace, sur un mélange d'acide nitrique et de chaux, font voir que le théorème est sous un point de vue très absurde, car il place le zéro de froid *au-dessus* du point de fusion du platine. MM. Clément et Desormes, qui ont fait dernièrement des recherches sur la détermination du zéro absolu, ont acquis la conviction qu'il doit être placé à 266°,66 centigrades. Ce résultat est plus concevable; mais MM. Petit et Dulong ont été portés, par leurs recherches, à fixer le zéro absolu à l'infini. Cette opinion, disent-ils, rejetée par un grand nombre de physiciens, parce qu'elle conduit à la notion que la quantité de chaleur dans les corps est infinie, en supposant leur capacité constante, devient probable, actuellement qu'il est

connu que les chaleurs spécifiques diminuent en raison de l'abaissement de la température. Et, en effet, les lois de cette diminution peuvent être telles, que l'intégrale de chaleur, prise à une température infiniment basse, ait cependant une valeur finie. Ils infèrent plus loin, que la quantité de chaleur qui se développe au moment de la combinaison des corps n'a aucun rapport avec la capacité des élémens; et que, dans le plus grand nombre de cas, cette perte de chaleur n'est suivie d'aucune diminution dans la capacité des composés formés. Cette conclusion, que MM. Petit et Dulong croient pouvoir tirer de leurs recherches, si elle est exacte, renverse le théorème du docteur Irvine, et détruit toutes les inductions qu'on en a tirées.

2. *Des effets que la chaleur produit, en général, sur les différentes formes de matière.*

Ces effets sont ou transitoires et physiques, ou permanens et chimiques, donnant lieu à un changement durable dans la constitution des corps. Nous entrerons ici dans la discussion du premier de ces deux modes d'action, qui se divise naturellement dans les deux cas de changemens : dans le volume des corps, lorsqu'ils conservent leur forme, et des changemens dans l'état des corps.

1. Les accroissemens successifs de leur volume que les corps éprouvent par des accroissemens successifs de leur température, ont été l'objet d'innombrables recherches. L'expansion des fluides est tellement plus grande que celle des solides par une même élévation de leur température, qu'il devient facile de reconnaître, dans certaines limites, l'augmentation de volume que des liquides et des gaz éprouvent dans une étendue médiocre de l'échelle thermométrique. Mais déterminer

leurs dilatations avec la dernière exactitude, en obtenant des résultats qui ne soient point affectés des erreurs provenant de l'inégalité d'expansion du récipient, c'est un problème qui n'offre pas peu de difficulté. Il semble cependant, après un nombre de tentatives vaines par de précédens expérimentateurs, avoir été finalement résolu par MM. Petit et Dulong. L'expansion des solides avait été déjà mesurée avec une très grande exactitude par plusieurs physiciens, notamment en Angleterre, par Smeaton, Roy, Ramsden et Troughton; et en France, par Lavoisier et M. Laplace. La méthode imaginée par le général Roy, et mise par lui à exécution, conjointement avec Ramsden, consistait à opérer ainsi qu'il suit : les baguettes métalliques ou autres, soumises à l'expérience, étaient placées horizontalement dans une cuve rectangulaire d'eau, qui devait être convenablement chauffée. A une distance aliquote quelconque sur la baguette, étaient attachés, à angles droits, des microscopes-micromètres; de manière que chacun d'eux étant ajusté, au commencement de l'expérience, à deux points immobiles extérieurement à l'appareil chauffant, lorsque la baguette s'allongeait par la chaleur, le déplacement des microscopes pouvait être déterminé, au moyen du mécanisme micrométrique, à une extrêmement petite quantité près, comme celle d'un vingt ou trente millième de centimètre.

L'appareil de Lavoisier et de M. Laplace consistait, comme celui de Smeaton, dans une suite de leviers ou barres; mais il en différait en ce que la dernière barre imprimait un mouvement vertical à une lunette d'environ 2 mètres de foyer, dont la quantité de déplacement était déterminée par une échelle placée dans son champ de vision, à la distance de 100 à 200 mètres. Cette addition d'une lunette micrométrique était ingénieuse; mais le

mécanisme, dans son ensemble, est susceptible d'un grand nombre d'objections qui ne pouvaient pas être faites à celui de Ramsden; et cependant encore, en considérant que ce mécanisme fut établi et dirigé par des hommes de génie, tels que les Lavoisier et Laplace, ses résultats doivent nous commander de la vénération.

Les recherches de MM. Petit et Dulong, sur la mesure des dilatations de quelques solides, ainsi que sur celle du mercure, sont également recommandables, et comme originales, et par leur précision physique. Ils les commencèrent par la dilatation du mercure. Leur procédé, en opérant avec ce corps, est fondé sur cette loi incontestable d'hydrostatique; que lorsque deux colonnes liquides communiquent entre elles par un tube latéral, les hauteurs verticales de ces deux colonnes sont précisément en raison inverse de leurs densités. Dans l'axe de deux cylindres de cuivre, exactement dressés, étaient fixés deux tubes verticaux de verre, communiquant ensemble à leur partie inférieure par un tube horizontal de verre, reposant sur une barre de fer bien établie de niveau. L'un des cylindres était chargé avec de la glace, et l'autre avec de l'huile, pouvant être chauffée à volonté au moyen d'une étuve placée au-dessous. Le syphon rectangulaire de verre renversé était rempli presque jusqu'au sommet de mercure, et la hauteur à laquelle le liquide était stationnaire dans chaque branche, se mesurait au moyen d'une lunette micrométrique, se retournant en un plan horizontal sur une baguette verticale. A la lunette était suspendu un niveau très sensible à bulle d'air, et elle était susceptible d'être mise en mouvement, d'une très petite quantité, vers le haut ou vers le bas, par une vis de rappel. La température de l'huile, le milieu de chaleur, se mesurait au moyen de deux thermomètres, l'un à l'air et l'autre à

mercure, dont les boules occupaient la presque totalité de l'étendue verticale du cylindre. L'allongement de la colonne chauffée de mercure pouvait être rigoureusement reconnu, en dirigeant la vue à travers le micromètre, d'abord à la surface de cette colonne, et ensuite à celle de la colonne maintenue froide par la glace. Après avoir ainsi déterminé, par une suite d'expériences faites avec beaucoup de soin, la dilataion du mercure à différens intervalles du thermomètre, MM. Petit et Dulong cherchèrent alors à reconnaître l'expansion du verre par les dilatations apparentes du mercure dans un vase de verre qui le contient. Après avoir rempli de mercure, bien purgé par l'ébullition d'air et d'humidité, un tube à thermomètre, ils plongeaient ce tube dans la glace, en l'y tenant jusqu'à ce que le liquide fût devenu stationnaire; et alors ils coupaient transversalement le tube au point où le mercure s'était arrêté. Ils en prenaient ensuite le poids exact, après quoi ils le mettaient pendant quelque temps dans l'eau bouillante. Ce tube, retiré de l'eau, et bien essuyé, était pesé de nouveau. On connaissait ainsi la quantité de mercure qui en était sortie, en le portant de la température de la glace fondante à celle de l'eau bouillante; et cette quantité, comparée avec le poids total du mercure dans le tube, lorsqu'il fut mis d'abord dans la glace fondante, donnait la dilatation de volume qu'avait éprouvée ce liquide. Ce procédé est précisément le même que celui employé, il y a long-temps, par M. Crighton, ainsi que par le Dr Ure; et c'est d'après ce procédé qu'il porta dans son Mémoire, à $\frac{1}{63}$ la dilatation apparente du mercure dans le verre.

MM. Petit et Dulong cherchèrent ensuite à mesurer l'expansion d'autres solides, et ils y parvinrent avec beaucoup d'habileté, en introduisant une

baguette cylindrique du solide, du fer, par exemple, dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, après avoir soudé à l'extrémité de ce tube un autre tube capillaire, qu'on remplissait de mercure, purgé par l'ébullition d'air et d'humidité. En exposant alors ce tube à diverses températures, et déterminant les poids du mercure qui en sortait, il était aisé d'en déduire la dilatation du fer; ce volume sorti représente évidemment la somme des dilatations du mercure et du métal, diminuée de la dilatation du verre. Pour faire le calcul, il est nécessaire de connaître les volumes de ces trois corps à la température de la glace fondante; or, celui du fer s'obtient, en divisant son poids par sa densité prise à zéro. On déduit de la même manière le volume du verre du poids du mercure qui le remplit à la même température; enfin, celui du mercure est évidemment la différence des deux premiers. Le procédé qui vient d'être indiqué peut s'appliquer également aux autres métaux, en prenant seulement la précaution d'en oxider la surface, pour empêcher l'amalgamation du mercure.

Le D[r] Ure fit, en 1812 et 1813, un grand nombre d'expériences sur la mesure de la dilatation des solides avec un appareil micrométrique d'une construction particulière. En opérant avec des baguettes de zinc, il se trouva particulièrement embarrassé, en reconnaissant, après d'innombrables essais, qu'elles s'allongeaient constamment par des échauffemens et refroidissemens alternatifs. Il semblerait que les plaques qui composent ce métal, en glissant l'une sur l'autre par la force expansive de la chaleur, présentent assez de frottement d'adhérence pour empêcher leur rétraction de s'effectuer entièrement. Il serait à désirer qu'on pût connaître la limite de cet effet, et s'assurer quels sont les autres métaux susceptibles du même changement.

Il espère pouvoir terminer dans peu ces recherches pyrométriques.

Le Dr Ure présente ici une table très étendue de dilatation, récemment compilée d'après les meilleures expériences.

Table I. — *Dilatation linéaire des solides par la chaleur.*

Dimensions que prend, à 100 degrés, une barre dont la longueur à 0° est 1,000000.			Dilatations en fractions vulgaires.
Verre (en tubes)....	Smeaton............	1,00083333	
Idem.......	Roy................	1,00077615	
Idem.......	Delne, moyenne......	1,00082800	
Idem.......	Dulong et Petit.......	1,00086130	$\frac{1}{1110}$
Idem.......	Lavoisier et Laplace...	1,00081166	$\frac{1}{1148}$
Verre (en plaques)..	*Idem.* *idem*....	1,00089089	$\frac{1}{1122}$
Idem crown-glass..	*Idem.* *idem*....	1,00087572	$\frac{1}{1142}$
Idem. *idem*...	*Idem.* *idem*....	1,00089760	$\frac{1}{1114}$
Idem. *idem*...	*Idem.* *idem*....	1,00091751	$\frac{1}{1090}$
Idem (en baguettes).	Roy................	1,00080787	
Sapin.............	Roy, comme le verre..	....	
Platine............	Borda.............	1,00085655	
Idem...........	Dulong et Petit.......	1,00088420	$\frac{1}{1131}$
Idem...........	Troughton..........	1,00099180	
Idem (et verre)...	Berthoud...........	1,00110000	
Palladium.........	Wollaston..........	1,00100000	
Antimoine	Smeaton...........	1,00108300	
Fonte de fer prismat..	Roy...............	1,00110940	
Fonte de fer........	Lavoisier, pr le dr Young.	1,00111111	
Acier.............	Troughton..........	1,00118990	
Acier (en baguettes).	Roy...............	1,00114470	
Acier boursouflé....	Phil. Trans. 1795, 428.	1,00112500	
Idem....... ...	Smeaton...........	1,00115000	
Acier non trempé....	Lavoisier et Laplace...	1,00107875	$\frac{1}{927}$
Idem. idem..idem..	*Idem.* *idem*....	1,00107956	$\frac{1}{926}$
Acier trempé jaune...	*Idem.* *idem*....	1,00136900	
Idem. idem. idem..	*Idem.* *idem*....	1,00138600	
Id. id. id. à une chaleur plus élevée...	*Idem.* *idem*....	1,00123956	$\frac{1}{807}$

Acier	Troughton	1,00118980	
Acier dur	Smeaton	1,00122000	
Acier recuit	Muschenbroek	1,00122000	
Acier trempé	*Idem*	1,00137000	
Fer	Borda	1,00115600	
Fer	Smeaton	1,00125800	
Fer doux forgé	Lavoisier et Laplace	1,00122045	
Fer rond passé à la filière.	*Idem.* *idem*	1,901235044	
Fil de fer	Troughton	1,00144010	
Fer	Dulong et Petit	1,00118273	1/846
Bismuth	Smeaton	1,00139200	
Or recuit	Muschenbroek	1,00146000	
Or	Éllicot, par comparaison.	1,00150000	
Idem au titre	Lavoisier et Laplace	1,00146606	1/681
Id., Paris, non recuit.	*Idem.* *idem*	1,00155155	1/645
Idem, idem, recuit.	*Idem.* *idem*	1,00151361	1/661
Cuivre	Muschenbroek	1,0019180	
Idem	Lavoisier et Laplace	1,00172244	1/581
Idem	*Idem.* *idem*	1,00171222	1/584
Idem	Troughton	1,00191880	
Idem	Dulong et Petit	1,00171821	1/581
Laiton	Borda	1,00178300	
Idem	Lavoisier et Laplace	1,00186671	
Idem	*Idem.* *idem*	1,00188971	
Laiton en écaille, supposé de Hambourg.	Roy	1,00187540	
Fonte de laiton	Smeaton	1,00187500	
Laiton anglais en plaques, en baguettes.	Roy	1,00189280	
Id. id. en forme d'auge.	*Idem*	1,00189490	
Laiton	Troughton	1,00191880	
Fil de laiton	Smeaton	1,00193000	
Laiton	Muschenbroek	1,00216000	
Cuivre, 8; étain, 1	Smeaton	1,00181700	
Argent	Herbert	1,00189000	
Idem	Éllicot, par comparaison.	1,0021000	
Idem	Muschenbroek	1,00212000	
Idem de coupelle	Lavoisier et Laplace	1,00190974	
Id., au titre de Paris.	*Idem.* *idem*	1,00190868	1/524
Argent	Troughton	1,0020826	1/514
Laiton, 16 parties; étain, 1	Smeaton	1,00190800	

Métal de miroir	Smeaton	1,00193300	
Soudure de zinc ; laiton, 2 parties ; zing, 1	*Idem*	1,00205800	
Étain de Malacca	Lavoisier et Laplace	1,00193765	$\frac{1}{516}$
Étain de Falmouth	*Idem. idem*	1,00217298	$\frac{1}{462}$
Potée fine	Smeaton	1,00228300	
Étain en grenaille	*Idem*	1,00248300	
Étain	Muschenbroek	1,00284000	
Soudure molle, plomb, 2 parties ; étain, 1	Smeaton	1,00250800	
Zinc, 8 ; étain, 1, un peu battu	*Idem*	1,00269200	
Plomb	Lavoisier et Laplace	1,00284836	$\frac{1}{351}$
Idem	Smeaton	1,00286700	
Zinc	*Idem*	1,00294200	
Zinc, réduit par l'action du marteau, à un tiers d'épaisseur	Smeaton	1,00301100	
Verre de 0° à 100°	Dulong et Petit	1,00086130	$\frac{1}{1161}$
Id., de 100° à 200 cent.	*Idem. idem*	1,00891827	$\frac{1}{1089}$
Id., de 200° à 300° cent.	*Idem. idem*	1,000101114	$\frac{1}{927}$

Les deux dernières mesures ont été prises au moyen d'un thermomètre à air.

Pour obtenir l'expansion en volume, il faut multiplier les quantités décimales dans la table par trois, ou diviser les dénominateurs des fractions vulgaires par trois ; le quotient, dans l'un ou l'autre cas, sera la dilatation cherchée.

On voit qu'un métal condensé, dont les molécules ont été forcées de se rapprocher, en les passant à la filière, s'étendent davantage, ainsi qu'on pouvait s'y attendre, que les métaux dans leur état d'aggrégation moins serrée. Il regarde le résultat pour la potée comme devant être inexact. Le plomb doit certainement communiquer à l'étain une plus grande faculté d'expansion. La mesure de celle du platine, par Borda, est importante. Elle fut observée avec les *règles* qui servaient à mesurer la base du plan trigonométrique en France. Les

observations dans la table, sur l'acier trempé, sont dues, dit-il, à l'artiste très distingué, M. Fortin, quoiqu'elles soient insérées dans la table que M. Biot a publiée, en les attribuant à Lavoisier et à M. de Laplace.

La quantité de dilatation des métaux devient d'une très grande utilité à déterminer, dans certains cas, tels que ceux du changement de dimension dont les instrumens d'astronomie sont susceptibles. C'est ainsi qu'en mesurant une base dans la grande opération du méridien de la France, Borda chercha à éviter les incertitudes provenant de l'expansion des baguettes ou verges de mesurage, en combinant des barres métalliques, de manière qu'elles indiquaient elles-mêmes leurs variations de température et de longueur. Une règle de platine, longue d'environ quatre mètres, était attachée par l'une de ses extrémités à une règle de cuivre un peu plus courte, qui, étant placée dans une position horizontale, reposait librement sur sa surface; du côté de l'autre extrémité de la règle de cuivre étaient tracées, sur la règle de platine, des divisions linéaires très exactes, en millionièmes de parties de la longueur totale de cette règle. L'extrémité de la règle de cuivre portait un vernier, dont les coïncidences, avec les divisions tracées sur la règle de platine, s'observaient au moyen d'un microscope. Or, les dilatations du platine et du cuivre étant inégales pour des changemens égaux de température, on concevra facilement que le vernier de la règle de cuivre devait correspondre à des divisions différentes sur la règle de platine, suivant que la température variait. A l'aide de ces changemens, Borda put connaître à chaque instant la température commune de ces deux barres, et le rapport des dilatations absolues de leurs deux métaux. La valeur des divisions du vernier avait été préalablement dé-

terminée, en plongeant la barre et son vernier dans une cuve de bois oblongue, contenant de l'eau à différentes températures. Il suffisait donc des indications de ce thermomètre métallique, pour avoir la véritable température des barres dans l'atmosphère, et par conséquent, estimer la compensation à faire sur les baguettes, *mesure* ou barres, pour les amener à la longueur véritable, au terme donné de température.

Une connaissance exacte de la dilatation des métaux est nécessaire aussi pour régler la longueur du pendule dans les horloges astronomiques. Lorsque la boule ou lentille d'un pendule ou balancier à secondes est descendue de $\frac{1}{100}$ de pouce (environ 0,25 millimètres), l'horloge retardera de 10 secondes dans vingt-quatre heures; et par conséquent, pour $\frac{1}{1000}$ de pouce (environ 0,025 millimètres), le retard sera d'une seconde par jour; or, comme la longueur effective du pendule à seconde est de 0m99384, d'après la table précédente d'expansion, qu'un changement d'environ 17 degrés centigrades de température, altérera la longueur de ce pendule d'environ $\frac{1}{1300}$, équivalant à près de 0,195 millimètres; ce qui correspond à environ huit secondes d'erreur dans le jour. La première, la plus simple et la plus parfaite invention pour éviter ces variations, est due à Graham. La lentille de son pendule compensateur consistait dans un cylindre de verre long d'environ 15 centimètres, contenant 4 ou 5 kilogrammes de mercure. En raison de ce que la verge de fer ou d'acier, auquel ce cylindre était suspendu, éprouvait de dilatation par la chaleur, le mercure se dilatait aussi, et il s'élevait au-delà du centre d'oscillation, autant que l'allongement de la verge l'avait déprimé. M. Biot, dont l'exactitude est connue, a fait voir que si la verge de suspension était de verre, la longueur du cylindre de mer-

cure devrait être de $\frac{1}{10}$ de la longueur totale du pendule, c'est-à-dire, environ 100 millimètres; mais la dilatation du fer étant plus grande dans le rapport assez voisin de celui de trois à deux, il s'ensuit que la longueur du cylindre, dans le dernier cas, est égale à environ 152 millimètres. Feu le très ingénieux Gavin Lowe prescrivait, avec une verge d'acier, un cylindre de verre de 50 millimètres de diamètre intérieur, contenant 160 millimètres de hauteur verticale de mercure, pesant 4,5 kilogrammes. Il trouva, par un calcul très exact, que si un pareil pendule marchait parfaitement, le thermomètre étant à environ 1° centigrade, mais qu'à 32° centigrades, il retardât d'une seconde dans vingt-quatre heures, on pourrait y remédier, en mettant environ 283 grammes de mercure de plus, ou en retirant cette quantité, si le mouvement du pendule était accéléré, dans vingt-quatre heures, d'une seconde de plus à 32° centigrades qu'à — 1° centigrade; et pour le $\frac{1}{10}$ d'une seconde de déviation dans vingt-quatre heures, la compensation consiste dans l'addition ou la soustraction d'un dixième ou de 28,3 grammes de mercure. Il a été publié, par M. Firminger, un Mémoire intéressant sur ce sujet, dans le *Philosophical Magazine*, pour août 1819.

La roue du balancier d'une montre varie dans le temps de ses oscillations, par ses expansions et contractions, suivant les différences de température. Il a été inventé par Arnold une roue composée de lames concentriques de deux métaux qui, par leur différence de dilatation, obvient à cette défectuosité. Cette roue, sous le nom de balancier compensateur, a procuré un perfectionnement d'un avantage incalculable pour l'exactitude des chronomètres en usage dans la marine.

TABLE II. — *Dilatation du volume de liquides, chauffés de zéro à 100 degrés.*

Mercure, Dalton....................	0,020000	1/50
Idem. Lord Charles Cavendish.....	0,018870	1/53
Idem. Deluc....................	1,018000	1/56
Idem. Général Roy...............	0,017000	1/59
Idem. Shuckburgh	0,01851	1/54
Idem. Lavoisier et Laplace........	0,01810	1/55'22
Idem. Haellstroem..................	0,0181800	1/55
Idem. Dulong et Petit.......... ..	0,0180180	1/55'50
Idem. idem. 100° centigrades à 200°.	0,0184331	1/54'25
Idem. idem., 100° centig. à 300°...	0,0188700	1/53
Idem. idem. dans le verre, de 0° centigrade à 100°................	0,015432	1/64'18
Id. id. id. de 100° centig. à 200....	0,015680	1/63'78
Id. Id. id. de 200° centig. à 300°.. .	0,0158280	1/63'18
Eau, Kirwan, à partir de + 4° centigrade, son maximum de densité ...	0,04332	1/23'00
Acide muriatique (pesanteur spécifique 1,137)... ....Dalton.	0,0600	1/17
Acide nitrique (pesant. spéc. 1,40). *Idem.*	0,1100	1/9
Acide sulfur. (pesant. spéc. 1.85). *Idem.*	0,0600	1/17
Alcool.......................... *Idem.*	0,1100	1/9
Eau............................ *Idem.*	0,0460	1/22
Eau saturée de sel commun.... *Idem.*	0,0500	1/20
Ether sulfurique.............. *Idem.*	0,0700	1/14
Huiles fixes.................. *Idem.*	0,0800	1/1'25
Huile de térébenthine.......... *Idem.*	0,0700	1/14
Les quantités données par M. Dalton sont probablement trop grandes, comme certainement c'est le cas avec le mercure; ses expériences étant peut être modifiées par ses notions hypothétiques.		
Eau saturée de sel commun, Robison..	0,05198	1/19

Le docteur Young, dans son inappréciable *Catalogue raisonné*, *Natural Philosophy*, vol. XI, page 391, donne la table qui suit des expansions

de l'eau, table formée de la réunion comparative des expériences de Gilpin, Kirwan et Achard.

Il dit que les degrés du thermomètre de Fahrenheit, reconnus, de manière ou d'autre, depuis 39 degrés, étant appelés f, l'expansion de l'eau est à peu près exprimée par $22f^2$ ($1-002f$) en 10 millionièmes; et la diminution de la pesanteur spécique par $0{,}0000022f^2 - 0{,}0000000472f^3$. Cette équation (dans laquelle f serait représenté par 39° Fahrenheit, ou + 4 degrés centigrades) est, aussi bien que la table, très importante pour la réduction des pesanteurs spécifiques des corps, prises en les pesant dans l'eau.

Degrés centigr.	Pes. spécifiq.		Diminution de la pes. spéc.	Expansion.
—1,°11	0,99980		0,00020	
0,°»	0,99988		0,00012	
+ 1,11	0,99994		0,00006	
3,89	1,00000		0,00000	
6,67	0,99994		0,00006	
8,89	0,99982		0,00018	
9,44	0,99978		0,00032	
12,22	0,99951		0,00049	
15,»	0,99914		0,00086	
15,56	0,99906		0,00094	
17,78	0,99867		0,00133	
20,56	0,99812		0,00188	
23,33	0,99749		0,00251	
25,»	0,99701	Achard		0,00299
26,11	0,99680	Gilpin	0,00320	0,00321
27,78	0,99612	Kirwan	0,00388	0,00389
32,22	0,99511	Gilpin	0,00489	0,00491
37,78	0,99313		0,00687	0,00691
38,89	0,99246	Kirwan	0,00754	0,00760
50,»	0,98757		0,01243	0,01258
	0,98872	Deluc	0,01128	
61,11	0,98199	Kirwan	0,01801	0,01833
72,22	0,97583		0,02417	0,02481
75,»	0,97480	Deluc	0,02520	
85,35	0,96900	Kirwan	0,03100	0,03198

Degrés centigr.	Pes. spécifiq.	Diminution de la pes. spéc.	Expansion.
94,44	0,96145	0,03855	0,04005
100,»	0,95848	0,04152	0,04333

Deluc, ayant introduit dans une suite de tubes à thermomètres de verre les liquides suivans, prit note de leurs indications comparatives d'expansion, à différens degrés de chaleur, mesurés sur le thermomètre de Réaumur, sur lequel 80° est le terme de l'ébullition de l'eau, et 0° celui de la glace fondante.

Table des indications thermométriques par DELUC.

MERCURE.			Huile d'olive.	Huile essentielle de camomille.	Huile de thym.	Alcool.	Saumure.	Eau.
Réaumur.	Centigrad.	Fahr.						
80°	100°	212°	80°	80°	80°	80°	80°	80°
75	93 ¾	200¾	74,6	74,3	74,7	73,8	74,1	71
70	87,5	189½	69,4	69,5	68,8	67,8	68,4	62
65	81,	178¼	64,4	64 3	63,5	61,9	62,6	53,5
60	75,	167	59,3	59,1	58 5	56,2	57,1	45,8
55	68 ¾	155¾	52,4	53,9	53,5	50,7	51,7	38,5
50	62 ½	144½	42 9	48,8	48,5	45,3	46,6	32
45	56 ¼	133¼	40,4	43,6	43,4	40,2	41,2	26,1
40	50	122	32,9	38,6	38,4	35,1	36,3	20,5
35	43 ¾	110¾	34,4	33,6	33,5	30,3	31,3	15,9
30	37 ½	99½	29,3	28,7	28,6	25,6	26 5	11,2
25	31 ¼	88¼	24,3	23,8	23,8	21,0	21,9	7,3
20	25	77	19,3	18,9	19,0	16,5	17,3	4,1
15	18 ¾	65¾	14,3	14,4	14,2	12,2	12,8	1,6
10	12 ½	54½	9,3	9,3	9,4	7,9	8,4	0,2
5	6 ¼	43¾	4.7	4,6	4,7	3,9	4,2	0,4
0	0	32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
— 5	6 ¼	20¾				—3,9	—4,1	
—10	12 ½	9½				—7,7	—8,1	

Comme ces résultats de Deluc me semblent importans, en ce que nous pouvons, d'après eux, comparer directement les dilatations du verre dans ces différens liquides thermométriques, j'ai ajouté à la table ci-dessus les deux colonnes centigrades et Fahrenheit, pour présenter à la fois les réductions dans ces deux échelles thermométriques. L'alcool était d'une force telle, que sa flamme allumait la poudre à canon, et il fut reconnu qu'une petite différence dans la force de l'esprit ne changeait pas beaucoup les résultats. La saumure était de l'eau saturée de sel commun.

M. Biot, dans le premier volume de son important ouvrage, *Traité de Physique*, a fait la recherche de plusieurs formules empyriques, pour représenter les lois de dilatation des différens liquides. Elles sont trop compliquées pour un ouvrage de cette nature. Il fait voir que pour tous les liquides dont les dilatations ont été jusqu'à présent observées, la marche générale de cette dilatation peut être représentée, pour toute température, par une expression de cette forme $\delta t = at + bt^2 + ct^3$; expression dans laquelle t désigne la température en degrés du thermomètre à mercure; a b c sont des coefficiens constans qui dépendent de la nature du liquide; et δt, la dilatation vraie pour l'unité de volume, comptée de la température de la glace fondante. Nous nous bornerons à citer un exemple qui suffira pour faire apprécier les grandes ressources géométriques de ce physicien. Pour l'huile d'olive, la formule devient $D_{T^1} = 0{,}95067\ T + 0{,}00075\ T^2 - 0{,}000001667\ T^3$.

Le tableau qui suit présente ses résultats comparés avec l'expérience.

Degrés du thermom. à mercure.	Calculés.	Observés.
80°	80°	80°
70	69,64	69,41
60	59,37	59,3
50	49,2	49,2
40	39,12	39,2
30	29,15	29,3
20	19,30	19,3
10	9,58	9,5
	0,0	0.

M. Gay-Lussac a essayé dernièrement de découvrir quelque loi qui correspondrait à la marche de dilatation par la chaleur de liquides *différens;* dans cette vue, au lieu de comparer les dilatations de liquides différens au-dessus ou au-dessous d'une température uniforme pour tous, il partit d'un point variable, quant à la température, mais uniforme à partir du terme où la force répulsive des molécules des corps est la même, c'est-à-dire, du degré de l'ébullition de chaque liquide sous une pression donnée. Parmi ceux des liquides qu'il examina, il en trouva deux qui se dilatent également à partir de ce point, savoir : l'alcool et le sulfure de carbone, dont le premier bout à 78°,41, et l'autre à 46°,60. Les autres liquides n'offrent pas, à cet égard, la même ressemblance. Une autre analogie entre les deux liquides ci-dessus, consiste en ce que le même volume de chacun d'eux produit à son terme d'ébullition, sous la même pression atmosphérique, le même volume de vapeur, ou, en d'autres termes, que les densités des vapeurs sont entre elles comme celles des liquides à leurs températures respectives d'ébullition. On a représenté, dans la table qui suit, les résultats obtenus par ce chimiste distingué.

Table des contractions de 1000 parties en volume, par refroidissement.

TEMPÉRATURES.	EAU.		ALCOOL.		SULFURE de carbone.		ÉTHER.	
	Contraction par expériences.	Contraction par calcul.	Contraction par expériences.	Contraction par calcul.	Contraction par expériences.	Contraction par calcul.	Contraction par expériences.	Contraction par calcul.
Ebullition.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
— 5°	3,34	3,35	5,55	5,56	6,14	6,07	8,15	8,16
—10	6,61	6,65	11,43	11,24	12,01	12,08	16,17	16,01
—15	10,50	9,89	17,51	17,00	17,98	17,99	24,16	23,60
—20	13,15	13,03	24,34	23,41	23.80	23,80	31,83	30,92
—25	16.06	16,06	29,15	28,60	29,65	29,50	39,14	38.08
—30	18,85	18,95	34.74	34,37	35,06	35,05	46,42	45.04
—35	21,52	21,67	40,28	40.05	40,48	40,43	52,06	51.86
—40	24,10	24,20	45,68	45,66	45,77	45,67	58,77	58.77
—45	26,50	26.52	50.85	51,11	51.08	50,70	65,48	65,20
—50	28,56	28.61	56,02	56,37	56,28	55 52	72,01	71,79
—55	30,60	30,43	61,01	61,43	61,14	60.12	78,38	78,36
—60	32,42	31,96	65,96	66,23	66,21	64,48		
—65	34,02	33,19	10,74	70.75				
—70	35,47	34,99	75.48	74,93				
—75	36,70	34,63	80,11	78.75				

Les expériences furent faites dans des tubes thermométiques scellés hermétiquement.

L'alcool, à 78°,41 centigrades, produit 488,3, son volume de vapeur à 100°. Le sulfure de carbone, à 46°,60, donne 491,1 son volume de vapeur.

L'éther, à 35°,66, 285,9 son volume.

L'eau à 100° centigrades, 1633,1 son volume.

Le docteur Thomson, en traitant de l'expansion, observe que les différentes espèces de verre présentent, à cet égard, tant de différence entre

eux, qu'on ne peut établir de règle générale de dilatation de ces corps. *Système*, volume 1, page 73; et traduction française, vol. I, page 85. Mais cette assertion ne s'accorde pas avec les resultats de MM. Petit et Dulong, non plus qu'avec mes mesures pyrométriques. « Nous n'avons trouvé, disent ces observateurs, dont l'exactitude est connue, aucune différence appréciable entre les effets observés dans des tubes de verre ordinaire tirés de diverses fabriques, quels que fussent d'ailleurs leur calibre intérieur et l'épaisseur de leurs parois. » Je crois que les différences sont provenues des erreurs commises dans les mesures pyrométriques préalables appliquées à un corps dont la dilatation est si petite. Le général Roy, le plus exact peut-être de tous les expérimentateurs, trouva une fois, qu'un tube de verre se dilatait quatre fois autant qu'une baguette de cette substance; et depuis il reconnut, au contraire, que la baguette se dilatait de $\frac{1}{25}$ de plus que le tube, le verre provenant du même pot dans la verrerie. J'ai trouvé qu'une baguette et un tube faits avec le verre du même pot, se dilataient d'une même quantité dans une étendue d'environ 200° centigrades; et je crois que le cristal ou flint-glass, tel qu'on l'emploie en Angleterre pour des opérations chimiques, est d'une uniformité remarquable dans la marche de dilatation par la chaleur dans les mêmes intervalles de l'échelle thermométrique. Les dilatations du crown-glass et le verre de glace ne diffèrent pas considérablement entre elles.

La différence dans la quantité d'expansion des liquides par le même degré de température a été expliquée théoriquement par le docteur Thomson, ainsi qu'il suit:

« L'expansion des liquides diffère de celle des fluides élastiques, non seulement en quantité,

mais encore parce qu'elle n'a pas uniformément lieu par des additions égales de température à chacun d'eux. Cette différence paraît provenir de la fixité ou de la volatilité des parties composantes des corps liquides; car, en général, ceux de ces corps dont l'ébullition a lieu aux températures les plus basses, ou qui contiennent quelque principe susceptible de prendre facilement la forme gazeuse, sont aussi ceux qui se dilatent le plus par une quantité donnée d'addition de chaleur. Ainsi, par une même augmentation de température, le mercure se dilate beaucoup moins que l'eau, qui entre en ébullition à une température de beaucoup inférieure à celle qu'exige le mercure, et la dilatation de l'alcool est beaucoup plus considérable que celle de l'eau, parce que le terme de son ébullition est moins élevé. L'acide nitrique se dilate aussi beaucoup plus que l'acide sulfurique, non seulement parce que le premier de ces acides entre en ébullition à une température moins élevée, mais encore parce qu'une portion de cet acide a de la tendance à prendre la forme d'un fluide élastique. Cette règle de la dilatation des liquides est au moins celle que j'ai reconnue dans tous ceux que j'ai examinés jusqu'à présent sous ce rapport, et j'en conclus qu'on peut considérer comme un fait assez général, que plus la température nécessaire pour faire bouillir un liquide est élevée, moins il y aura de dilatation produite dans ce liquide par une addition de chaleur; ou, en d'autres termes, que l'expansibilité des liquides est à peu près en raison inverse de leur température d'ébullition. » *Thomson Chemistry*, 5*th. edit.*, vol. I, pages 66 et 67; et traduction française, vol. I, pages 78 et 79.

Le docteur Thomson, après avoir ainsi établi cette loi relativement à la dilatation des liquides, ajoute : « Une autre circonstance mérite, à cet

égard, une attention particulière. L'expansibilité de chacun de ces corps semble augmenter avec la température; ou, en d'autres termes, plus la température d'un liquide est voisine de son terme d'ébullition, et plus grande est la dilatation que ce liquide éprouve par l'addition d'un degré de chaleur; et, d'un autre côté, plus la température d'un liquide s'éloigne de celle à laquelle il commence à bouillir, et moins il y a d'augmentation produite dans un volume par l'addition d'un degré de chaleur : il en résulte que l'expansibilité des liquides augmente d'autant plus lentement que le terme d'ébullition est plus élevé.

« La table qui suit présente la dilatation de différens liquides depuis la température de 0° jusqu'à celle de 100°, en supposant le volume de ces liquides à 0° = 1. » Mêmes volumes et pages; *Système*, I — 67; et traduction française, I — 79.

	Pesanteurs spécifiques.			Termes d'ébullition, centigrade.
« Alcool...................	0,1100	=	$\frac{1}{9}$	78,89
Acide nitr. (pes. spéc. 1,40).	0,1100	=	$\frac{1}{9}$	119,04
Huiles fixes..............	0,080	=	$\frac{2}{12}$	315,5
Éther sulfurique..........	0,070	=	$\frac{1}{14}$	36,67
Huile de térébenthine......	0,070	=	$\frac{1}{14}$	156,66
Acide muriatique (pesanteur spécifique 1,137).......	0,060	=	$\frac{1}{17}$	102,77
Acide sulfurique (pesanteur spécifique 1,85)........	0,060	=	$\frac{1}{17}$	326,66
Eau saturée de sel commun.	0,05	=	$\frac{1}{20}$	107,22
Eau....................	0,466	=	$\frac{5}{23}$	100, »
Mercure.................	0,02	=	$\frac{1}{50}$ »	346,66

Le Dr Ure a ajouté à la table que donne le Dr Thomson, les termes d'ébullition, tels qu'il les établit dans son système. On remarque dans cette table que l'alcool et l'acide nitrique ont la même quantité d'expansion, quoique les distances de leurs termes respectifs d'ébullition, à partir de 0°, soient

comme 3 à 2. Cette table présente encore l'huile fixe comme ayant une quantité d'expansion plus *grande* que celle de l'éther; et quoique le terme d'ébullition de l'huile fixe soit environ *dix fois* celui de l'éther, à compter de zéro. L'éther et l'huile de térébenthine se dilatent dans la même proportion, et cependant leurs termes d'ébullition diffèrent de 120°. L'acide muriatique et l'acide sulfurique se dilatent aussi d'une même quantité, quoique leurs termes d'ébullition et leurs tendances à prendre la forme élastique soient très différens. Enfin, l'eau se dilate *moins* que l'acide sulfurique, tandis que son terme d'ébullition est considérablement plus *bas*.

Le mercure, dans ses dilatations, suit la marche des métaux fluides; et par conséquent, il ne peut être convenablement comparé aux liquides huileux, aqueux ou spiritueux.

Dans les métaux solides, les dilatations semblent être d'autant plus grandes, qu'ils ont moins de ténacité et de densité, pourvu qu'elles soient exactement mesurées par l'appareil de Smeaton, ce dont cependant j'ai quelque raison de douter. L'antimoine et le bismuth offrent des exceptions remarquables à cette position générale. La moindre courbure dans les baguettes se dilatant, fera évidemment paraître les dilatations trop petites. Si la dilatabilité métallique varie avec quelque fonction inconnue de densité et de ténacité, comme cela est probable *à priori*, nous devrions nous attendre à ce que la dilatation augmentât avec la température. Cette manière de voir coïncide avec les résultats suivans de MM. Petit et Dulong.

Températures par dilatation de l'air.	Expansion en volume, du fer.	du cuivre.	du platine
De 0° à 100° cent......	$\frac{1}{282}$	$\frac{1}{194}$	$\frac{1}{377}$
De 0° à 300° cent. quantité moyenne........	$\frac{1}{22}$[illegible]	$\frac{1}{1}$[illegible]	3/[illegible]

En triplant ces dénominateurs, nous avons les dilatations linéaires exprimées en fractions.

	Fer.	Cuivre.	Platine.
De 0° à 100° cent.	$\frac{1}{846}$	$\frac{1}{582}$	$\frac{1}{1131}$
De 0° à 300° cent.	$\frac{1}{562}$	$\frac{1}{531}$	$\frac{1}{1059}$

Multiplier les généralités qui, par induction, peuvent conduire à la persuasion, c'est-à-dire grouper ensemble les *faits* qui ont quelques qualités importantes communes à tous, c'est l'objet principal de la physique; mais imaginer des phénomènes, ou entortiller les phénomènes réels pour leur donner la forme propre à faire préjuger la constitution des choses, c'était le vice des écoles péripatéticiennes si admirablement exposé par Bacon; vice dont les spéculations de M. Dalton, sur les lois de la chaleur, nous offrent, suivant MM. Petit et Dulong, de notre temps, et dans l'état de nos études, un exemple frappant.

M. Dalton a le mérite d'avoir le premier prouvé que les dilatations de tous les fluides aériformes, lorsqu'ils sont isolés des liquides, ont uniformément lieu par le même accroissement de température; et ce fait, d'une grande importance pour la chimie pratique, a été pleinement confirmé par les recherches indépendantes, et également originales, de M. Gay-Lussac sur ce sujet, avec un appareil perfectionné et plus exact. Ce chimiste physicien démontra que 100 en volume à 0° centigrades, deviennent 1,375 à 100° centigrades. Il s'ensuit que l'accroissement de volume pour chaque degré centigrade est de $0,\frac{375}{100} = 0,00375 = \frac{1}{266,6}$. Ainsi donc, pour réduire un volume quelconque de gaz à une température donnée, il faut multiplier la différence thermométrique en degrés centigrades par 0,00375 ou $\frac{1}{266,6}$, et soustraire le produit du volume connu, si le gaz doit être chauffé à une température supérieure à la température

donnée; ou bien le produit doit être ajouté, si le gaz doit être refroidi au-dessous de cette température. Les vapeurs, lorsqu'elles sont chauffées hors du contact de leurs liquides respectifs, obéissent à la même loi que les gaz; découverte dont on est redevable à M. Gay-Lussac.

Nous parlerons actuellement de l'anomalie que l'eau présente dans ses dilatations par des changemens de température, et nous terminerons par des applications pratiques aux faits qui précèdent.

Les académiciens de Florence, et après eux le docteur Croune, observèrent qu'en plaçant dans un mélange de glace et de sel marin la boule d'un tube de thermomètre de verre rempli d'eau, ce liquide s'abaissait progressivement dans la tige jusqu'à un certain point; après quoi, le refroidissement continuant d'avoir lieu, il était accompagné d'une ascension du liquide, indiquant dilatation de l'eau. Ce phénomène remarquable fut pour la première fois étudié avec beaucoup de soin par M. Deluc, qui plaça le terme apparent de la plus grande densité de l'eau à 40 degrés de l'échelle de Fahrenheit (+ 4°,44 centigrades); et il estima qu'à partir de ce point, la dilatation de l'eau varie également par un changement égal de température, soit en augmentation ou en diminution. M. Deluc ayant négligé, dans ses expériences, la correction nécessaire à faire pour l'effet de la dilatation du tube de verre qui contenait l'eau, il fut reconnu depuis, par sir Charles Blagden et M. Gilpin, qu'en tenant compte de cette dilatation, le terme *réel* de la plus grande densité de l'eau était à 39 degrés Fahrenheit (+ 3°,89 centigrades).

Résultats des Expériences de MM. Blagden et Gilpin.

Pesanteur spécifique.	Volume de l'eau.	Température.	Volume de l'eau.	Pesanteur spécifique.
	1,00000	+ 5°,89	1,00000	
1,00000	1,00000	3,33—4,44	1,00000	1,00000
0,99999	1,00001	2,78—5,»	1,00001	0,99999
0,99998	1,00002	2,22—5,56	1,00002	0,99998
0,99996	1,00004	1,67—6,11	1,00004	0,99996
0,99994	1,00006	1, 1—6,67	1,00006	0,99994
0,99991	1,00008	0,56—7,22	1,00009	0,99991
0,99988	1,00012	0,» —7,78	1,00012	0,99988

Enfin, le docteur Hope publia, en 1804, *Edimburg*, *Phil. Trans.*, une suite d'expériences sur ce sujet, qui écartèrent la complication résultant, dans la question, de la dilatation des solides. Il fit voir que de l'eau, étant exposée à une atmosphère qui la gèle, dans des vases cylindriques de verre élevés, ses molécules plus froides se précipitent au fond du vase jusqu'à ce que la température de la masse soit descendue à 39°,5 Fahrenheit (+ 4°,16 centigrades); alors les particules plus froides se trouvant à sa surface, M. Hope varia l'expérience, en entourant d'une zone de glace la partie supérieure, le milieu et le fond des cylindres; et, dans chaque cas, des thermomètres très sensibles, placés à la surface et au fond de l'eau, indiquaient que la température 39°5 Fahrenheit (+ 4°,16 centigrades) coïncidait avec le *maximum* de densité. Nous pouvons considérer le terme de + 4°,44 centigrages assigné par les chimistes français, et qu'ils ont adopté, en détermi-

nant leur étalon des poids et mesures, comme suffisamment exact.

La force avec laquelle les corps solides et liquides se dilatent ou se resserrent par la chaleur et le froid est si prodigieuse, qu'elle renverse les plus forts obstacles. On remarqua, il y a quelques années, au Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris, que les deux murs de côté d'une galerie s'étaient écartés l'un de l'autre par la poussée au-dehors que leur faisaient supporter le toit et les planchers. On pratiqua, dans chacun de ces murs, plusieurs ouvertures opposées les unes aux autres, et l'on y introduisit, à distances égales, de fortes barres de fer traversant d'un mur à l'autre. Les extrémités de ces barres de fer, extérieurement à chacun des murs, étaient garnies de disques de fer épais, qui y étaient fixés au moyen de vis et d'écrous. Ces barres suffirent pour maintenir les murs dans leur position actuelle. Mais il eût été au-dessus de tout effort de la force humaine de les rapprocher. Alors on imagina de chauffer, au moyen de lampes, toutes les barres d'un côté, qui, en conséquence, éprouvèrent de l'allongement. Les disques de fer à l'extérieur étant ainsi dégagés de leur contact avec les murs, il devint possible de les placer plus loin sur les extrémités des barres. Les lampes étant retirées, les barres, en refroidissant, se contractèrent, et tirèrent sur le mur opposé. Les autres barres devinrent en conséquence moins serrées à leurs extrémités, ce qui permit de visser les disques plus en avant sur elles. Les barres qui avaient été chauffées d'abord, l'ayant été de nouveau, on procéda de la même manière. On parvint, par ces moyens ainsi successivement répétés, à rétablir les murs dans leur position verticale; et il eût été facile de ramener leur courbature en dedans, si l'on avait voulu leur donner cette disposition. La

galerie existe encore avec ses barres, pour attester la réussite de ce moyen ingénieux du Conservateur, M. Molard.

2. *Du changement d'*état *produit dans les corps par le calorique, changement indépendant de celui de* composition.

Les trois formes de la matière, celles solide, liquide et gazeuse, semblent se rapporter immédiatement au pouvoir qu'a la chaleur, de modifier, de balancer et de l'emporter sur la force d'attraction de cohésion. On sait que tout solide peut être rendu liquide, et que beaucoup d'entre eux, ainsi que tous les liquides, sont susceptibles d'être volatilisés par une certaine élévation de température. Et, réciproquement, presque tout liquide connu peut être amené à l'état de solide par l'abaissement de sa température. Il ne nous a pas encore été, jusqu'à présent, possible d'opérer la conversion de l'air et d'autres fluides élastiques en liquides ou en solides, cela tient probablement à nos moyens limités sur la dépression thermométrique; mais nous savons que, par un rapprochement mécanique des molécules de ces corps, il se produit un dégagement très considérable de chaleur, ce qui doit nous convaincre que leur conversion en gaz est intimement liée à l'action de ce pouvoir répulsif.

L'éther sulfurique, toujours liquide dans notre climat, exposé à la rigueur du froid d'un hiver de Sibérie, deviendrait solide, et transporté dans la zone torride, il y formerait un gaz permanent. Nous sommes familiarisés avec les mêmes transmissions en ce qui concerne l'eau; seulement son terme de vaporisation étant beaucoup plus élevé, nous sommes portés d'abord à considérer la vapeur d'eau comme une condition de ce liquide qui n'est

pas dans sa nature. Mais en généralisant nos idées, nous apprenons qu'il n'est pas en réalité d'état de corps qui puisse être appelé plus naturel qu'un autre. La solidité, la liquidité, l'état de vapeurs et de gaz, ne sont que des cas accidentels, se rapportant à un terme ou niveau particulier de température; si nous faisons passer la vapeur aisément condensée d'acide nitrique à travers un tube de verre chauffé au rouge, nous la convertirons ainsi en deux gaz qu'il ne nous sera plus possible de condenser par aucun degré de froid qu'il soit en notre pouvoir de produire. Les molécules qui constituaient le liquide ne peuvent plus se réunir ensemble pour le reproduire, parce que leurs distances sont changées, et qu'il en résulte que l'action des attractions réciproques, au moyen desquelles leur union avait lieu, n'est plus aussi la même.

Si notre planète se trouvait située à une distance beaucoup plus éloignée du soleil, les liquides et les gaz se solidifieraient; si elle était plus rapprochée de cette source de lumière, les corps qui nous paraissent être les plus solides, seraient réduits en air délié invisible. On voit donc alors que le principe de chaleur, quel qu'il soit, ou matière ou qualité, sépare les molécules des corps, lorsque son énergie augmente, et qu'il les laisse se rapprocher entre elles lorsque son action s'affaiblit. En donnant de l'étendue à cette manière de voir, on en a généralement conclu que ce principe de chaleur était lui-même la force qui maintient les molécules des corps en *équilibre* contre l'effort de leur attraction réciproque, qui tend sans cesse à les amener à l'état d'union; mais, quoique cette conclusion soit extrêmement probable, nous devons nous rappeler qu'elle est hypothétique, et va au-delà des faits. Nous voyons que la force qui balance l'attraction dans les corps peut être aidée ou éprou-

ver de l'obstacle par le principe de la chaleur; mais il n'en résulte pas nécessairement la preuve que ces forces soient de même nature.

Le moment d'équilibre qui sépare l'état solide de l'état liquide, mérite d'être pris en considération. Quelles que puissent être la cause et la loi des attractions que les molécules exercent entre elles, l'effet qui en résulte doit être modifié par leurs formes. Toutes les autres qualités étant égales, une molécule qui peut être cylindrique, par exemple, n'exercera pas la même force d'attraction qu'une sphère sur un point placé à égale distance de son centre de gravité; ainsi, dans la loi de gravitation céleste, l'attraction d'un ellipsoïde sur un point extérieur sera plus forte dans la direction du plus petit axe que dans celle du plus grand axe à la même distance de sa surface. Or, quelle que soit la loi des attractions qui retiennent unies ensemble les molécules des corps, il ne doit pas exister de semblables différences. Ces molécules doivent être attirées plus fortement par certains côtés que par d'autres; et par conséquent, il en résultera des différences dans la manière de leur arrangement, lorsqu'elles sont sont suffisamment rapprochées, pour que leurs attractions l'emportent sur le pouvoir répulsif. Ceci explique, d'une manière très probable, la cristallisation régulière que forment la plupart des corps solides, lorsqu'ils passent tranquillement, et sans trouble, à cet état de solidification. On peut aisément concevoir comment la substance différente des molécules, aussi bien que leurs formes diverses, peut produire dans les cristaux toutes les variétés que nous observons.

Le système du monde présente de magnifiques effets de cette attraction qui dépend de la figure. Tels sont les phénomènes de mutation et la précession des équinoxes, produits par les attractions du soleil et de la lune sur le sphéroïde aplati

de la terre. Ces phénomènes sublimes n'auraient pas existé si la terre avait été une sphère; ils se lient tellement à son aplatissement et à sa rotation, qu'ils peuvent être mathématiquement déduits et soumis au calcul.

Mais la recherche nous apprend que cette partie de l'attraction qui dépend de la figure, décroît plus rapidement que la force principale, celle-ci diminuant comme le carré, et l'autre comme le cube de la distance; et nous devions donc ainsi nous attendre à ce que les attractions qui tiennent les parties des corps à l'état d'union, présentassent aussi une différence analogue. Il s'ensuit que la force d'attraction peut être réduite avant que la force attractive principale soit surmontée. Lorsque les molécules sont amenées à cette distance, elles pourront prendre indifféremment toutes positions autour de leur centre de gravité, et c'est ce qui constituera l'état liquide. Si l'on suppose actuellement que, la température s'abaissant, les molécules se rapprochent lentement les unes des autres, et tendent à prendre de nouveau l'état solide, alors les forces dépendantes de leur figure viendront à agir en proportion que leur action augmente, les molécules sollicitées par ces forces prendront des mouvemens autour de leurs centres de gravité. Elles tourneront les unes vers les autres leurs faces de plus grande attraction, pour arriver finalement aux positions que demande leur cristallisation. Or, selon la figure des mollécules, on conçoit que ces mouvemens peuvent réagir sur leur centre de gravité, et donner lieu à leur rapprochement ou à leur éloignement entre elles, jusqu'à ce qu'enfin ils donnent à leur assemblage le volume qui convient à l'état solide; volume qui, dans de certains cas, peut être plus grand, et dans d'autres, plus petit, que celui qu'elles occupaient comme liquides. Ces considérations mécaniques expliquent ainsi de la manière

la plus probable et la plus satisfaisante, les dilatations et contractions d'une espèce irrégulière, que certains liquides, tels que l'eau et le mercure, éprouvent en approchant de leur point de congélation. Après avoir ainsi exposé ces vues générales, nous pouvons nous borner à établir les faits, autant que possible, sous la forme de table.

Table des températures auxquelles différens liquides prennent l'état concret, ou se congèlent.

			Degrés centigrades.
Éther sulfurique.			— 43,33
Ammoniaque liquide. . . .			— 43,33
Acide nitrique, pesant. spéc.		1,424	— 43,55
Acide sulfurique, pes. spéc.		1,6413	— 42,77
Mercure.			— 39,44
Acide nitrique, pesant. spéc.		1,407	— 34,53
Acide sulfurique, pes. spéc.		1,8064	— 32,22
Acide nitrique, pesant. spéc.		1,3880	— 27,83
Idem. *idem.* . . .		1,2583	— 27,65
Idem. *idem.* . . .		1,3290	— 19,66
Eau-de-vie.			— 21,66
Acide sulfurique, pes. spéc.		1,8376	— 17,22
Acide prussique pur. . . .			— de 15,55 à 15
Sel commun	25	+ Eau 75	— 15,55
Idem	22,2	+ *Id.* 77,8	— 13,77
Muriate d'ammoniaq.	20	+ *Id.* 80,»	— 13,33
Sel commun.	10	+ *Id.* 90	— 12,50
Idem.	16,1	+ *Id.* 83,9	— 10,27
Huile de térébenthine.			— 10
Vins forts.			— 6,66
Tartrate de potasse et de soude	50	+ *Id.* 50	— 6,11
Sel commun.	10	+ *Id.* 90	— 5,82
Huile de bergamote.			— 5
Sang			— 3,89
Sel commun . .	6,25	+ Eau 93,75	— 3,66

					Degrés centigrades.
Nitre.	12,50	+ *Id.*	87,50	—	3,33
Sel commun. .	4,16	+ *Id.*	95,84	—	2,50
Couperose. . .	41,6	+ *Id.*	68,4	—	2,22
Vinaigre				—	2,22
Sulfate de zinc.	53,3	+ *Id.*	46,7	—	2,5
Lait.				—	1,11
Eau.				—	0
Huile d'olive.				+	2,22
Soufre et phosphore, parties égales.					4,44
Acide sulfurique, pes. spéc.			1,741		5,56
Idem.		*idem.*	1,780		7,78
Huile d'anis.					10
Acide acétique concentré.					10
Suif, docteur Thomson.					33,33
Phosphore.					42,22
Stéarine prov. de graisse de porc. .					42,78
Spermaceti					44,44
Suif, Nicholson.					52,78
Acide margarique					56,67
Potassium.					56,88
Cire jaune.					61,11
Idem. idem.					65,»
Cire blanche.					68,33
Sodium					90
Soufre, docteur Thomson.					103,33
Idem, docteur Hope.					112,22
Étain					227,77
Bismuth.					246,66
Plomb					322,22
Zinc, suivant sir H. Davy.					360
Idem. *idem*, M. Brognart. . . .					370
Antimoine.					431,66?

La température des corps qui, au-dessus du suif, dans cette table, prennent l'état concret, s'appelle ordinairement leur point de congélation ; et celle du suif et des corps au-dessous est leur tempéra-

ture ou terme de fusion. Actuellement, quoique ces températures soient établies en regard de quelques articles, en *fractions* d'un degré thermométrique, il faut observer que différentes circonstances modifient le terme où les liquides prennent l'état concret, à travers *plusieurs* degrés; mais que les points de liquéfaction des mêmes corps, lorsqu'ils sont une fois devenus solides, sont uniformes et fixes aux températures précédentes.

Nos remarques préliminaires sur les forces qui agissant dans la transition de l'état de liquidité à celui de solidité, expliquent jusqu'à un certain point ces variations; et nous allons actuellement rendre ces explications plus claires par quelques exemples instructifs.

Si, après avoir rempli un matras à étroite ouverture, d'eau récemment distillée, on l'expose par degrés à une température considérablement au-dessus de zéro, on observera, au moyen d'un thermomètre qu'on y aura laissé, que la température de l'eau liquide se sera abaissée de 5 à 6 degrés centigrades au-dessous de son point ordinaire de congélation. En recouvrant d'huile la surface de l'eau, M. Gay-Lussac est parvenu à faire refroidir ce liquide à 11°,94 centigrades au-dessous de la température à laquelle il se gèle ordinairement. Son volume se dilatait en même temps tout autant que si elle eût été chauffée de ce même nombre de degrés au-dessus de zéro. Suivant sir Charles Blagden, à qui appartient la première de ces deux observations, sa dilatation peut s'élever au septième de l'agrandissement total qu'elle éprouve en se solidifiant. Le repos absolu des molécules liquides n'est pas nécessaire pour que le phénomène ci-dessus ait lieu; car sir Charles Blagden remua l'eau descendue à 11°,66 centigrades, sans que cette agitation la fît geler : mais la moindre vibration de leur masse, ou l'application, par l'at-

mosphère, ou avec la main, d'aiguilles glacées, déterminent instantanément une congélation.

Nous pouvons remarquer ici que la dilatation de l'eau augmentant à mesure qu'elle refroidit, mais à un degré d'extension moindre que lorsqu'elle devient concrète, c'est une preuve que ces molécules constituantes obéissent à la loi du refoidissement progressif, tournent de plus en plus leurs pôles vers le maximum d'attraction qui constitue leur état solide. Mais cette position peut être instantanément déterminée par un solide aqueux tout formé, dont les molécules, se présentant à celles du liquide par leurs côtés de la plus grande attraction, les forcent à tourner dans des positions semblables. Alors les molécules du liquide les premières retournées agiront sur celles qui les avoisinent; et ainsi, de point en point, le mouvement se propagera à travers toute la masse, jusqu'à ce qu'elle soit congelée. Les mouvemens vibratoires agissent en portant les molécules dans des positions favorables à leur attraction mutuelle.

Les mêmes phénomènes se présentent avec les dissolutions salines. Si l'on refroidit à — 27° centigrades, sous une pellicule d'huile, une dissolution saturée de sel de glauber (sulfate de soude), elle restera liquide, et pourra être agitée avec la main, sans éprouver aucun changement; mais, si l'on place une fiole contenant de cette liqueur saline exposée sur une table qui branle, la cristallisation s'y formera à l'instant. Dans un mémoire sur la cristallisation saline, que le Dr Ure publia dans le *Journal of Science*, neuvième numéro, il donna l'explication qui suit du phénomène ci-dessus. « L'effet que produit le trouble mécaniquement opéré, de déterminer la cristallisation, s'explique par la disposition symétrique que prennent, par l'électricité et le magnétisme, des molécules de poussière de fer. Si, après avoir répandu de ces

molécules sur une surface plane, on présente, à une certaine distance, des forces magnétiques et électriques, il ne se produira aucun effet. En imprimant alors à la surface plane un mouvement d'ébranlement, alors les molécules, dès l'instant où elles sont rendues libres du frottement de la surface, s'arrangent d'elles-mêmes, suivant les lois de leurs attractions respectives, magnétiques ou électiques. L'eau de dissolution, en faisant obstacle à la solidification, écarte non seulement les molécules à des distances au-delà de la sphère de leur attraction réciproque, mais probablement aussi elle renverse leurs pôles attirans. » Peut-être l'expression *détourner* serait-elle plus appropriée à la liquéfaction, pour dénoter une obliquité de direction dans les pôles attirans; et le mot *renverser* pourrait être appliqué à la forme gazeuse, lorsque l'état répulsif succède aux pouvoirs faiblement attractifs des molécules liquides.

Le tableau ci-devant présente quelques particularités intéressantes relativement aux acides. Le Dr Ure a exprimé leurs forces par la pesanteur spécifique, d'après ses tables des acides, au lieu de l'établir, comme l'avait fait M. Cavendish, d'après la quantité de marbre que 1000 parties de ces acides pouvaient dissoudre. On voit que le sel commun agit le plus efficacement comme obstacle à la congélation de l'eau, et après lui, c'est le muriate d'ammoniaque. M. Crighton de Glascow, dont l'exactitude d'observation est bien connue, a remarqué que, lorsqu'une masse de bismuth fondu se refroidit à l'air, sa température s'abaisse régulièrement à 242 degrés centigrades, et, de ce terme, elle s'élève instantanément à 247, point auquel elle reste stationnaire jusqu'à consolidation totale. La température de l'étain fondu s'abaisse de la même manière, et s'élève alors de 2,2 degrés; tandis que celle du plomb fondu devient, par le refroidisse-

ment, stationnaire, lorsqu'elle est descendue à 322 degrés centigrades. Nous allons parler actuellement de la cause probable de ces phénomènes remarquables.

L'eau, toutes les dissolutions susceptibles de cristalliser, et, après fusion, les trois métaux, la fonte de fer, le bismuth et l'antimoine, se dilatent considérablement en volume au moment de leur solidification. Les plus grands obstacles ne peuvent résister à l'action de cette force expansive. Ainsi, des bouteilles de verre, des troncs d'arbres, des tuyaux de fer et de plomb, des rochers même, éclatent et sont brisés par la dilatation de l'eau qui existe dans leurs cavités, lorsqu'elle est convertie en glace. Par la même cause aussi nos pavés sont soulevés dans l'hiver. Cette cause a pour effet avantageux de diviser ou de rendre moins serrée, par les gelées d'hiver, la texture compacte des sols argileux, au moyen de quoi les fibres délicates des plantes peuvent aisément les pénétrer. Le major Williams, de Québec, fit éclater des bombes qui avaient été remplies d'eau et tamponnées, en les exposant à un froid capable de faire geler cette eau.

Il se présente, dans les expériences précédentes sur la congélation subite d'un corps maintenu liquide au-dessous de la température qui est le point ordinaire de sa congélation, une circonstance importante qu'il convient de faire observer. La température de la masse, au moment où la cristallisation commence, s'élève au terme marqué dans la table qui précède, quel que soit le nombre de degrés dont elle a pu auparavant s'abaisser au-dessous de ce terme. Supposons un globe rempli d'eau, suspendu dans une atmosphère à — 6,11 degrés centigrades, le liquide se refroidira, et sa température restera stationnaire à ce point, jusqu'à ce qu'un mouvement du vaisseau ou le contact d'un très petit morceau de glace détermine sa solidifica-

tion; et à cet instant sa température devient de 6°,11 centigrades plus élevée que celle du milieu environnant. Nous devons à la sagacité du docteur Black l'explication de ce fait, et son extension à un grand nombre de phénomènes chimiques analogues. L'esprit de ce docteur véritablement physicien fut particulièrement frappé de la lenteur avec laquelle une masse de glace se liquéfie, lorsqu'elle est placée dans une atmosphère naturelle. Si l'on tient librement suspendu un bloc de glace à — 5°,56 centigrades dans une chambre chauffée à + 10° centigrades, la température de ce morceau de glace mettra 5 minutes à s'élever à celle de 0°, et il lui faudra quatorze fois autant de temps, ou 70 minutes, pour se fondre en eau dont la température ne sera qu'à 0°. Le docteur Black suspendit dans un appartement, à côté l'un de l'autre, deux globes de verre de même dimension, dont l'un était rempli de glace à 0°, et l'autre d'eau à + 0°,56 centigrades. Dans une demi-heure, la température de l'eau était élevée à 4°,44 centigrades; mais elle mit deux heures et demie à liquéfier la glace, et à chauffer l'eau résultante à + 4°,44 centigrades. On voit donc, par l'une et l'autre de ces expériences, que pendant la fonte de la glace il y a dépense de 77°,60 centigrades de calorique énergique, qui ne produit aucun effet sur le thermomètre; car, dans la première expérience, 6°,11 centigrades de chaleur entrèrent dans la glace en 5 minutes, et cependant sa liquéfaction exigea 14 fois cette durée de temps. Dans la seconde expérience, 3°,88 de chaleur sont entrés dans les globes en une demi-heure; mais la glace a exigé 21 demi-heures pour se liquéfier, et pour échauffer son eau à 4°,44 centigrades. Si du produit 3°,88 par 21=81,48 on retranche les 3°,88 que l'eau avait au-dessus de 0°,56, on aura 77°,60 centigrades comme ci-dessus. Mais l'expérience la plus simple et la plus décisive consiste à

mêler ensemble un kilogramme de glace en petits morceaux avec un kilogramme d'eau à 77°,60 centigrades : la liquéfaction de la glace s'opère instantanément, mais la température du mélange ne sera qu'à 0°. Il semble donc que 77°,60 centigrades de chaleur ont disparu. Si le mélange avait été formé d'un kilogramme d'eau à 0° et d'un kilogramme d'eau à 77°,60 centigrades, la température résultante eût été 38°,80 ; ce qui aurait prouvé que les 38°,80, abandonnés par la partie plus chaude du mélange, avaient été manifestement transmis à la portion la plus froide. Le résultat inverse des expériences précédentes peut se démontrer aussi : car, en suspendant un flacon d'eau à + 1°,67 centigrades, par exemple, dans une atmosphère à — 6°,66 centigrades, si l'eau se refroidit à 0° en 3 minutes, elle en exigera 77,60 pour se convertir en glace à 0°. Et en effet, le taux d'émanation de la chaleur s'élevant à 1° par minute, il lui faudra ce temps pour laisser échapper 77°,60 de chaleur. Cependant cette dernière expérience, à raison de la faculté conductrice inférieure de la glace, et de l'incertitude qu'elle soit totalement à cet état, n'est pas susceptible de la même précision que celle qui la précède immédiatement. Le 12e de 77°,60 est de 6,46 ; d'où l'on peut inférer que, lorsqu'une certaine quantité d'eau refroidie à — 6°,46 centigrades, ou 6°,46 au-dessous de zéro, est amenée soudainement à se congeler, un douzième du poids de cette glace deviendra solide.

On peut concevoir actuellement comment il se fait que le dégel qui survient après une forte gelée, fond si lentement les amas de neige et les couches de glace, phénomènes observés de tous temps dans ces latitudes, mais dont il était réservé au docteur Black de nous donner l'explication. Si, en effet, l'eau, en passant de son état solide à son état liquide, n'éprouvait pas ce grand changement relativement

à la chaleur, chaque dégel occasionnerait une inondation soudaine, et il suffirait de la gelée d'une seule nuit pour solidifier nos rivières et nos lacs. De même aussi, aucun animal ni végétal n'aurait pu conserver son existence sous de telles transitions subites et violentes. M. Cavendish, qui découvrit le fait ci-dessus avant d'avoir eu connaissance que le docteur Black l'eût annoncé dans ses leçons, établit à 65°,56 centigrades la quantité de chaleur que la glace paraît absorber en se fondant. Lavoisier et M. Delaplace déterminent cette quantité à 57°,22 centigrades, nombre probablement exact, d'après les soins qu'ils ont pris de construire sur cette base leur calorimètre. La fixité des points de fusion des corps exposés à une forte chaleur, ne peut plus nous surprendre, puisque jusqu'à ce que toute la masse soit fondue, la chaleur qui s'y introduit à chaque instant est en totalité employée à constituer l'état de liquidité, sans produire aucun changement de température. Il nous est possible aussi de concevoir comment la température d'un métal liquide, d'une dissolution saline, ou de l'eau, devait, dans le cours de leur refroidissement, s'abaisser au-dessous du terme de la congélation de ces corps, et y remonter subitement. Celles des substances dans lesquelles la force attractive qui retourne les pôles dans l'arrangement solide, agit le plus lentement ou le plus faiblement, permettront le plus facilement cette dépression de température avant que la liquidité commence à cesser. Ainsi le bismuth, métal cassant, se refroidit de 4°,44 centigrades au-dessous de son point de fusion pour que sa solidification ait lieu. L'étain se refroidit de 2°,22 centigrades; mais le plomb passe si promptement à l'arrangement solide, que son refroidissement s'arrête tout à coup à sa temperature de fusion. Pour expliquer ces faits, nous pouvons remarquer que les molécules de bismuth et d'étain

perdent en grande partie leur attraction de cohésion long-temps avant qu'ils soient chauffés au point de fusion, tandis que le plomb conserve relativement cette attraction de cohésion jusqu'à ce qu'il commence à fondre. L'étain peut être aisément pulvérisé à une élévation modérée de température, et le bismuth à froid. Au moment, cependant, où ces deux métaux, lorsqu'ils sont fondus, commencent à se congeler, ils s'élèvent à la température de fusion qui leur est propre, parce que le calorique de liquidité se dégage alors.

Les docteurs Irwine, père et fils, auxquels la science est redevable de recherches importantes sur la chaleur, essayèrent de déterminer la proportion de calorique qui se dégage, lors du passage de plusieurs autres corps, de l'état liquide à celui solide, et ils obtinrent les résultats suivans :

	Calorique de liquidités. o	Ce calorique rapporté à la chaleur spécifique de l'eau. centigrades.
Soufre	62,04	15,77
Spermaceti. . . .	62,78	
Plomb	72,22	3,11
Cire d'abeilles . .	79,44	
Zinc	259,»	26,83
Étain.	260,»	18,03
Bismuth	287,77	12,91

Les quantités, dans la seconde colonne, représentent les degrés dont la température de chacun des corps, dans son état solide, se serait élevée par la chaleur dégagée pendant sa solidification. Il convient de faire exception pour la cire et le spermaceti, qui sont supposés être à l'état liquide lorsqu'ils indiquent l'élévation de température ci-dessus. Le docteur Black imagina que le nouveau rapport avec la chaleur que les solides acquièrent par leur liqué-

faction, dérivait de l'absorption et de la combinaison intime d'une portion de calorique, qui, employant ainsi toute son énergie répulsive à vaincre la résistance de la force de cohésion, cessait d'avoir aucune tension thermométrique, ou de pouvoir être reconnue par nos sens. Il appelle leur chaleur *latente*, cette quantité supposée de calorique; terme très convenable, et bien approprié, lorsque nous le considérons simplement comme exprimant le rapport qui existe entre le calorique agent et le même corps dans ses états de solide et de liquide. C'est à la présence d'une certaine portion de chaleur latente ou combinée dans les solides, que le docteur Black attribue leur mollesse, leur roideur, leur malléabilité. C'est ainsi que la condensation d'un métal par le marteau, ou sous le coin, ne manque jamais de le rendre cassant, tandis qu'en même temps il y a dégagement de chaleur. M. Berthollet soumit des pièces égales de cuivre et d'argent à l'action et aux coups répétés d'un balancier; l'élévation de leur température, qui fut considérable par le premier coup du balancier, diminua à chaque coup suivant, et devint insensible lorsque la condensation du volume eut cessé. Ce fut le cuivre qui éprouva le plus grand degré de condensation et dégagea le plus de chaleur. On a cité, pour expliquer la matérialité de la chaleur qui se déduit de ces expériences, l'exemple, par analogie, d'une éponge qui abandonne son eau lorsqu'elle est comprimée. Mais le phénomène peut être rapporté aux actions internes entre les dernières molécules qui doivent accompagner la dislocation violente de leurs pôles attirans. La force de cohésion du métal est grandement diminuée.

L'augmentation de capacité pour la chaleur que les solides acquièrent en se liquéfiant, peut nous mettre en état de comprendre et de faire l'application du procédé de refroidissement artificiel, au

moyen de ce qu'on a appelé mélanges frigorifiques. Lorsque deux solides, tels que de la glace et du sel, donnent, par leur affinité réciproque, naissance à un liquide, il est besoin d'une grande quantité de chaleur à prendre sur les corps environnans, ou ces corps sont puissamment dépouillés de leur chaleur, et par conséquent leur température s'abaisse. En faisant un mélange à 0° de neige pulvérisée et de sel commun, il se produira sur le thermomètre plongé dans ce mélange un abaissement d'environ 21°,11 centigrades. Plus la liquéfaction a rapidement lieu, plus le froid produit est grand. C'est ce qui a donné l'idée de l'expérience paradoxale qui consiste à mettre sur le feu dans une casserole le mélange frigorifique ci-dessus avec un petit vaisseau plein d'eau qu'on y place. Dans peu de secondes l'eau se trouvera être entièrement gelée. La dissolution de tous les sels cristallisés est accompagnée d'un abaissement de température, qui, en général, est d'autant plus grand que le sel est plus soluble. Un mélange à parties égales de sel ammoniac et de nitre, l'un et l'autre sel en poudre, est celui qui convient le mieux pour procurer un refroidissement modéré, parce que l'eau de dissolution étant ensuite enlevée par l'évaporation, les sels pulvérisés qui restent sont tout aussi efficaces qu'ils l'étaient d'abord.

Mais la diminution de température par la liquéfaction ne se borne pas aux corps salins. Lorsqu'on mêle ensemble un amalgame solide de bismuth et un amalgame solide de plomb, ces amalgames deviennent liquides et le thermomètre baisse pendant que leur action a lieu.

L'équilibre entre les forces attractives et répulsives, qui constitue l'état liquide des corps, est totalement rompu par une élévation définie de température, lorsque les forces extérieures comprimantes ne varient pas. Le passage de l'état

liquide à celui de fluide élastique est ordinairement accompagné de certains mouvemens d'explosion, appelés ébullition. Les températures particulières auxquelles les différens liquides éprouvent ce changement sont donc établies comme leurs points ou termes d'ébullition, et le fluide élastique qui en résulte a reçu le nom de *vapeur*, pour le distinguer du *gaz*, substance dont l'état d'élasticité est permanent, et qui n'est pas condensable comme les vapeurs par des degrés modérés de refroidissement. Il est évident que quand les forces attractives, quelque faiblement qu'elles agissent dans un liquide, sont vaincues par des pouvoirs répulsifs énergiques, les distances entre les molécules doivent être considérablement augmentées. C'est ainsi qu'un décimètre cube d'eau à + 4°,44 centigrades, devient un décimètre cube et $\frac{1}{25}$, sur la limite de 100°, et à 100° il est converti en 1600 décimètres cubes de vapeur d'eau. L'existence de cette vapeur indique que sa force élastique fait équilibre à la pression de l'atmosphère. Si cette pression est augmentée au-delà de ce qu'elle est ordinairement par des moyens naturels ou artificiels, alors la force élastique de la vapeur d'eau étant en partie surmontée, il en repasse une portion à l'état liquide. Et réciproquement, si la pression de l'air est moindre que dans l'état moyen ordinaire de l'atmosphère, les liquides prendront le forme de fluides élastiques par une répulsion calorifique d'intensité moindre, ou à une tension thermométrique plus faible. Le professeur Robison a entrepris une suite d'expériences ingénieuses, dont les résultats semblent prouver que la pression atmosphérique étant tout-à-fait supprimée, c'est-à-dire dans le *vide*, les liquides deviennent fluides élastiques à 68°,88 centigrades au-dessous de leur terme ordinaire d'ébullition; d'où il suit, que *dans le vide*, l'eau entrera en ébullition, et passera

à la distillation à 100° — 68,68 = 31°,12 centigrades. Ce principe fut mis il y a long-temps en pratique par le célèbre Watt, dans ses recherches sur la machine à vapeur, et il a été récemment appliqué d'une manière très ingénieuse par M. Triton, dans son alambic, pour lequel il a obtenu un privilége (*Phil. Mag.*, vol. 51), et par M. Barry (*Med. Chir. trans.*, vol. 10).

C'est en partant de ce même principe, que le terme de l'ébullition varie avec la pression atmosphérique, que le Rev. M. Wollaston a construit son baromètre thermométrique pour la mesure des hauteurs. Il trouva qu'une différence de 0,56 de degré centigrade dans le terme de l'ébullition de l'eau, est occasionnée par une différence de 0,0425 de millimètres sur le baromètre. Cette différence correspond à environ 159 mètres d'élévation. En se dirigeant d'après la manière judicieuse qu'il a indiquée, l'élévation d'un lieu peut être rigoureusement déterminée, et avec une grande commodité. Tout l'appareil, pesant environ 600 grammes, se renferme dans une boîte cylindrique ou étui d'étain de 50 millimètres de diamètre et 25 centimètres de long.

Lorsqu'on place sur la flamme un vaisseau qui contient de l'eau, on entend aussitôt un bruit de sifflement ou frémissement. On attribue ce bruit aux vibrations occasionnées par l'évaporation successive et la condensation des molécules en contact immédiat avec le bord du vaisseau. Le bruit devient plus fort à mesure que le liquide est plus chauffé, et il se termine en ébullition. La température devient alors soudainement stationnaire, lorsque le vaisseau est ouvert, quelque rapidement qu'elle s'élève, et quelle que soit la force du feu appliqué au vaisseau. Le docteur Black ayant mis un vase d'étain rempli d'eau à 10 centigrades, sur une plaque de fer chauffée au rouge, dans quatre minutes cette eau commença à bouillir, et

au bout de vingt minutes, elle était évaporée en totalité par l'ébullition. De 10° centigrades à 100, l'élévation de température est de 90°; et en divisant cet intervalle par 4, on a 22°,5, représentant la quantité de chaleur qui entre dans le vase par minute. D'où il suit, que 20 minutes, ou 5 fois 4 multipliés par $22,50 = 450$, nombre indiquant qu'il est entré 450° centigrades de chaleur dans l'eau bouillante pour la convertir en vapeur. Mais la température de cette vapeur n'est encore que celle de 100°; d'où il suit, suivant le docteur Black, que 450° ont été employés seulement à donner la tension élastique, ou, selon Irwine, à fournir cette quantité de chaleur à la capacité prodigieusement croissante de l'état aériforme, et par conséquent cette quantité peut être appelée chaleur latente, comme n'étant pas sensible au thermomètre. Les plus exactes expériences de M. Watt font voir que quelle que soit la durée de temps assignée à l'échauffement d'une masse d'eau de 10 à 100° centigrades, il faut 6 fois plus de temps d'une chaleur uniforme pour la vaporisation totale de cette eau. Mais $6 \times 90 = 540 =$ la chaleur latente de la vapeur d'eau; résultat qui s'accorde avec ceux de mes expériences faites d'une autre manière, ainsi que je le ferai voir tout à l'heure. Tout manipulateur attentif a dû observer que l'eau paraît arriver plus difficilement au terme de son ébullition dans un vase de verre, que lorsqu'elle est exposée au même degré de chaleur dans des vases métalliques. M. Gay-Lussac a étudié ce sujet avec la sagacité qui le caractérise. Il a découvert que l'eau bout dans un vase de verre à une température de 101°,22 centigrades, tandis que celle de l'eau bouillante dans un vase d'étain contigu n'est que de 100°. Du verre en poudre mis dans le vase de verre fait descendre le thermomètre qu'on y plonge à 100°,33 centigrades, et la limaille de fer à 100°. Lorsqu'on re-

tire pour quelques secondes la flamme de dessous un vase de verre d'eau bouillante, l'ébullition recommencera en y projetant quelques pincées de limaille de fer.

Les professeurs Munche et Gmelin d'Heidelberg ont étendu ces recherches, et ont annoncé avoir obtenu, relativement aux points d'ébullition, les résultats intéressans présentés dans la table qui suit :

SUBSTANCES des vaisseaux.	THERMOMÈTRE touchant le fond. Échelle centigrade.	THERMOMÈTRE à 12 millimètres au-dessous de la surface de l'eau.
Argent...........	99°875	99°75
Platine..........	99,875	99,375
Cuivre...........	100,500	100,125
Fer-blanc........	100,69	99,81
Marbre...........	100,55	99,81
Plomb............	100,25	99,875
Etain............	100,39	99,875
Porcelaine.......	100,05	99,944
Verre blanc......	100,39	100,»
Verre vert.......	101,00	100,75
Idem...........	100,39	100,»
Poterie de Delft...	101,»	100,39
Poterie commune..	101,»	100,25

Il est difficile de concilier ces variations avec les résultats de M. Gay-Lussac. Suivant lui, la vapeur formée à la surface d'un liquide peut faire *équilibre* à la pression de l'atmosphère, tandis que son intérieur prenait un plus grand dégré de chaleur que celui de sa véritable ébullition, pourvu que le liquide fût renfermé dans un vase et chauffé par sa partie inférieure. Dans ce cas, l'adhérence du

liquide au vaisseau peut être considérée comme analogue à la viscosité dans sa manière d'agir pour élever la température de l'ébullition. Il est facile, d'après cela, d'expliquer le phénomène des soubresauts qui ont quelquefois subitement lieu dans des liquides bouillans. C'est surtout dans la distillation de l'acide sulfurique que ces phénomènes sont souvent très marqués, et quelquefois de manière à briser l'appareil, si la distillation se fait dans un vase de verre. On peut efficacement prévenir cette cause de danger en mettant dans la cornue quelques petits morceaux de fil de platine; il n'y aura plus alors de dégagement subit de gaz, et par conséquent les vaisseaux ne seront plus sujets à se rompre (*Annales de Chimie et de Physique*, vol. 7). Si l'on introduit un morceau de papier, une croûte de pain, ou une poussière, dans un liquide légèrement imprégné d'acide carbonique, le dégagement de cet acide sera déterminé. De même aussi les aspérités de la surface d'un verre ou autre vaisseau agissent comme les points dans l'électricité, pour chasser un gaz ou vapeur présente dans le liquide que ce vaisseau contient.

Dans tous les exemples de la table qui précède, la température est plus grande au fond qu'à la surface du liquide; et les différences spécifiques peuvent être attribuées à la force attractive du vaisseau pour l'eau, et à sa faculté de conduire la chaleur. C'est ainsi qu'il nous faut essayer d'expliquer comment il se fait que le fer-blanc donne à l'eau bouillante, en contact avec elle, une température de 0,815 centigrades plus élevée que l'argent et le platine. Entre l'eau et le fer, l'étain ou le plomb, il y a des rapports réciproques à des températures élevées, qui ne paraissent pas exister relativement à l'argent et au platine.

On a présenté, dans la table qui suit, les termes d'ébullition des liquides les plus importans sous

la pression moyenne de 760 millimètres de mercure.

			Termes d'ébullition, centigr.
Éther, pes. spéc., 0,7365, à environ 9° centigrades.		Gay-Lussac.	37°,78
Carbure de soufre. . . .		*Idem.*	45 ,»
Alcool, pesant. spéc. . .	0,815	Ure.	78 ,05
Acide nitrique, pes. spéc.	1,500	Dalton.	98 ,99
Eau.			100 ,»
Dissol. saturée de sulfate de soude.		Biot.	100 ,79
Dissol. saturée d'acétate de plomb.		*Idem.*	102 ,03
Dissolution saturée de sel marin.		*Idem.*	106 ,85
Muriate de chaux. 2 + eau	1	Ure.	110 ,»
Idem . . . . . . 35,5 + eau	64,5	*Idem.*	112 ,77
Idem . . . . . . 40,5 + eau	59,5	*Idem.*	115 ,55
Acide muriatique, pes. spéc.	1,094	Dalton	111 ,11
Idem. *idem.*	1,127	*Idem.*	105 ,55
Idem. *idem.*	1,047	*Idem.*	105 ,55
Acide nitrique.	1,45	*Idem.*	115 ,55
Idem.	1,42	*Idem.*	120 ,»
Idem.	1,40	*Idem.*	119 ,44
Idem.	1,34	*Idem.*	116 ,66
Idem.	1,30	*Idem.*	113 ,33
Idem.	1,16	*Idem.*	104 ,44
Pétrole rectifié.		Ure.	152 ,22
Huile de térébenthine. .		*Idem.*	157 ,77
Acide sulfuriq., pes. spéc.	1,30 +	Dalton.	115 ,55
Idem.	1,408	*Idem.*	126 ,66
Idem.	1,520	*Idem.*	143 ,33
Idem.	1,650	*Idem.*	176 ,66
Idem.	1,670	*Idem.*	182 ,22
Idem.	1,699	*Idem.*	190 ,»
Idem.	1,730	*Idem.*	199 ,33
Idem.	1,780	*Idem.*	225 ,»
Idem.	1,810	*Idem.*	244 ,44
Idem.	1,819	*Idem.*	251 ,66
Idem.	1,827	*Idem.*	260 ,55
Idem.	1,833	*Idem.*	268 ,33

			Termes d'ébullition, centigr.
Acide sulfuriq., pes. spéc.	1,842	Dalton.	285 ,»
Idem.	1,847	*Idem*.	301 ,66
Idem.	1,848	*Idem*.	310 ,»
Idem	1,849	*Idem*.	318 ,33
Idem	1,850	*Idem*.	326 ,66
Idem	1,848	Ure.	315 ,55
Phosphore.			290 ,»
Soufre			297 ,77
Huile de lin.			336 ,66?
Mercure (Dulong, 350°). . . .			346 ,66

Ces liquides émettent des vapeurs qui, à leurs termes respectifs d'ébullition, font équilibre à la pression de l'atmosphère équivalant à 76 centimètres de hauteur verticale de mercure; mais à des températures inférieures, ils produisent des vapeurs d'un pouvoir élastique inférieur. C'est ainsi que la vapeur de mercure s'élève dans le vide du tube barométrique, comme cela se voit particulièrement dans les climats chauds, par la rosée mercurielle sur le tube de verre, à son sommet. Il s'ensuit, que l'humidité aqueuse adhérente au mercure le fait abaisser au-dessous du véritable niveau barométrique, d'une quantité proportionnelle à la température. La détermination de la force élastique des vapeurs, en contact avec leurs liquides à différentes températures, a été l'objet d'un grand nombre d'expériences. Le moyen de mesurer leurs élasticités, décrit dans le Mémoire du Dr Ure sur *la chaleur*, semble convenable et susceptible de précision.

Un tube de verre d'environ 8 millimètres de diamètre intérieur, et deux mètres de long, est scellé à l'une de ses extrémités, et formé par une courbure arrondie à son milieu, en un siphon dont les deux branches sont parallèles, et à la distance l'une de l'autre d'environ 6 centimètres. Dans cet

intervalle, entre les branches est ajusté un morceau rectangulaire de liége, qu'on y assujettit solidement au moyen d'une ficelle, à environ 15 centimètres des extrémités du siphon. On introduit alors dans le tube du mercure bien sec, de manière à remplir la branche scellée et la portion recourbée du siphon. En suspendant ensuite par le liége, le baromètre à siphon dans une direction verticale, le niveau du mercure, dans chacune des branches, prendra une situation correspondante à la pression de l'atmosphère. La différence est donc la véritable hauteur du baromètre au moment de l'observation; et cette hauteur peut être mesurée par l'application d'une échelle séparée, divisée en centimètres et millimètres. Après avoir alors fixé des anneaux de fil très fin de platine autour du tube aux deux points de niveau du mercure, on introduit dans ce tube quelques gouttes d'eau distillée, récemment bouillie, en la faisant passer à travers le mercure. La vapeur s'élevant de l'eau fera baisser le niveau du mercure dans la branche scellée, et l'élèvera dans la branche ouverte d'une quantité égale dans chacune, à la moitié de la dépression réelle. Il serait difficile de mesurer distinctement, et avec une exactitude minutieuse, cette différence de niveau; mais on peut aisément connaître la dépression totale, qui est la quantité cherchée, en introduisant du mercure en un filet délié dans la branche ouverte, jusqu'à ce que la surface du mercure dans la branche scellée devienne encore une fois tangente à l'anneau de platine, ce qui se reconnaît par une ligne de lumière, comme dans le baromètre géodésique. La colonne verticale de mercure, au-dessus du niveau initial inférieur, étant donc mesurée, elle représente précisément la force élastique de la vapeur, puisque cette élévation du mercure était nécessaire pour surmonter la force d'élasticité de

la vapeur. Tout l'objet consiste alors à appliquer une chaleur réglée à la portion supérieure de la branche scellée, à partir d'environ 25 millimètres au-dessous du niveau mercuriel jusqu'à son sommet.

On remplit aisément cet objet en faisant passer le tube à travers un liége, percé à cet effet, dans une fiole renversée, de 125 millimètres de diamètre, et de 175 millimètres de long, dont on a préalablement enlevé le fond au moyen d'un fer chaud; ou l'on peut avoir, pour s'en servir dans ce cas, une fiole faite sans fond. Si l'on presse fortement dans l'ouverture de la fiole, le liége qui porte le tube, cette fiole ne laissera rien couler du liquide qu'on y met. En inclinant le siphon, on en fait sortir un peu du mercure, de manière qu'étant redressé, le niveau dans la branche plus basse puisse coïncider à peu près avec l'anneau. En suspendant alors l'appareil dans une position verticale, on introduit dans la fiole de l'eau à zéro. Lorsque le tube barométrique a acquis la température de l'eau qui l'entoure, on ajoute lentement du mercure dans la branche ouverte, jusqu'à ce que le niveau primitif soit rétabli à l'anneau de platine supérieur : la colonne de mercure qui reste au-dessus de l'anneau de platine inférieur dans la branche ouverte, représente la force de la vapeur aqueuse à zéro. Quant aux températures plus basses, on peut mesurer la force de la vapeur à ces températures en mettant des mélanges frigorifiques salins dans la fiole. Pour connaître la force de la vapeur à des températures plus élevées, on dirige sur les côtés opposés de la partie renflée de la fiole de l'air échauffé par les flammes faibles de deux lampes d'Argand. A chaque élévation de deux ou quatre degrés de température, il faut déterminer l'augmentation de l'élasticité vaporeuse, en versant du mercure dans le siphon jusqu'à ce

que sa pression verticale surmonte cette élasticité et rétablisse le niveau primitif supérieur.

Pour les températures supérieures à 100 degrés centigrades, j'emploie la même disposition d'appareil, légèrement modifiée. La branche scellée du siphon a 15 ou 17 centimètres de long, tandis que la longueur de la branche ouverte est de 25 à 30 centimètres. Le siphon est maintenu dans la rainure d'un prisme de bois gradué. Le niveau initial devient 100° centigrades lorsque le mercure est dans chacune des branches dans un plan horizontal, et alors la chaleur est communiquée à travers de l'huile servant de milieu. Si en courbant le tube qui forme le siphon, on lui fait faire un angle écartant d'environ 35° les branches de leur parallélisme, un ballon tubulé est le vaisseau qui convient pour contenir l'huile. Le liége de forme conique que traverse l'extrémité de la branche scellée du siphon étant introduit avec force dans l'ouverture conique du ballon, le rend parfaitement fermé, sans qu'il puisse s'en rien écouler à toutes les températures élevées auxquelles la chaleur peut faire progressivement gonfler l'huile qu'il contient. Celui qui n'a pas fait des essais de ce genre, peut former des objections contre la probabilité de fermer aussi hermétiquement le ballon; mais ayant opéré ainsi dans des expériences de plusieurs mois consécutifs, j'ai eu lieu de me persuader qu'il n'y a qu'une extrême maladresse du manipulateur qui puisse donner lieu à ce qu'il s'écoule du ballon des gouttes d'huile, lors même qu'elle est chauffée à 160 degrés centigrades. Dans la tubulure du ballon est admis un thermomètre.

Dans les essais du Dr Ure, pour chercher s'il pourrait exister quelque rapport entre les élasticités ci-dessus de la vapeur aqueuse et les températures, il eut lieu de reconnaître la loi suivante :

« La force élastique de la vapeur d'eau à 98,88 degrés centigrades, est de 734mm06 de mercure; à 93°,33, elle est de 599mm44; le rapport est 1,23. Le rapport pour 87°,77 est 1,24, pour 82°,22, 1,25, et ainsi de suite, progressivement pour chaque intervalle de 5°,55 centigrades d'abaissement de la température. Au contraire, le rapport pour chaque intervalle de 5°,55 centigrades d'élévation de température au-dessus de 98°,88 est de 1,22, 1,21, 1,20, etc. »

La modification suivante de la même règle donne des résultats plus exacts. Soit r le rapport moyen entre celui de 98°,88 et la température donnée; n le nombre des termes (chacun de 5°,55 centigrades) distant de 98°,88; soit F la force élastique de la vapeur d'eau en centimètres de mercure. Alors, log. de F$=$log. 734,06 $\pm$ n log. r; le signe positif étant employé pour les températures plus élevées que 98°,88 centigrades, et le signe négatif pour les températures au-dessous de celle-ci.

En déterminant, par l'expérience, le volume de vapeur qu'un volume donné de liquide peut produire à 100° centigrades, M. Gay-Lussac a heureusement résolu le problème très difficile de la mesure des pesanteurs spécifiques des vapeurs. Après avoir pris le poids d'une bulle de verre mince, ayant une tige courte capillaire, il remplissait cette bulle du liquide à essayer, et il en scellait hermétiquement l'orifice. En pesant alors la bulle ainsi remplie, et déduisant de son poids total celui déjà connu de la bulle, il avait le poids du liquide; il prenait alors une cloche de verre longue et étroite, divisée en parties de capacités égales, pouvant contenir environ un litre et demi, et le remplissait de mercure. Il renversait ensuite cette cloche sur un bain de même métal, et y introduisait la petite bulle de verre remplie du liquide en expérience qui gagnait le haut de la cloche. Tout

étant ainsi disposé, il enveloppait la cloche d'un cylindre sans fond ou manchon de verre plus long qu'elle, et plongeant par sa partie inférieure dans le mercure. Après avoir alors rempli d'eau l'intervalle entre la cloche et le manchon, de manière que la cloche s'en trouvât couverte, il plaçait tout l'appareil sur un fourneau où l'on allumait le feu; l'eau et le mercure, en s'échauffant, échauffaient aussi le liquide contenu dans la petite bulle de verre; celui-ci, en se dilatant, brisait son enveloppe, se répandait au sommet de la cloche, et s'y réduisait en vapeur dont on élevait la température jusqu'à ce que l'eau du cylindre fût entrée en ébullition. On mesurait alors la hauteur de la colonne de mercure qui reste dans la cloche au-dessus du niveau extérieur, et d'après elle, on calculait aisément le volume de la vapeur qui la pressait. La quantité du liquide sur lequel on opérait était toujours si petite, qu'il était converti en totalité en vapeur.

La table qui suit présente les pesanteurs spécifiques telles qu'elles furent déterminées par la méthode ci-dessus.

	Pesant. spéc., celle de l'air = 1.		Termes d'ébullit. centigrades.
Vapeur d'eau.	0,62349		100°
Acide hydrocyanique.	0,94760		26,5
Alcool absolu.	1,6050		78,33
Éther sulfurique. . .	2,5860		35,56
Éther hydriodique. .	5,4749		64,44
Huile de térébenthine.	5,0130		157,77
Carbure de soufre. .	2,6447		46,67
Éther muriatique. . .	2,2190	M. Thénard	11,11

Les pesanteurs spécifiques ci-dessus sont estimées sous la pression de 76 centimètres de mercure.

M. Gay-Lussac a trouvé que, lorsqu'une combi-

naison liquide d'alcool et d'eau ou d'alcool et d'éther est convertie en vapeur à 100° centigrades, le volume est exactement la somme des volumes que chacun de ces liquides aurait séparément produits; de sorte que la condensation par l'action chimique dans l'état liquide, cesse d'avoir lieu dans l'état gazeux. On a observé que des volumes égaux d'alcool absolu et de carbure de soufre, à leurs termes respectifs d'ébullition de 79°44 et 52°,22 centigrades, fournissent chacun une quantité égale de vapeur de la même densité. Il a promis une détermination plus précise, et peut-être est-elle nécessaire sur ce sujet intéressant.

Il paraît qu'un volume d'eau à + 4°,44 centigrades forme 1694 volumes de vapeur à 100° centigrades. Il a déjà été établi que l'augmentation subséquente du volume de la vapeur d'eau et autres vapeurs n'étant pas en contact avec leurs liquides respectifs, suit le rapport de l'expansion des gaz, formant une addition à leur volume de 0,375 par chaque intervalle de 100° centigrades; on peut actuellement inférer, et de cette expansion d'une mesure en 1694, et de la table des forces élastiques de la vapeur d'eau, la violence d'explosion de cet agent à des températures encore plus hautes, et le danger qu'il y a à craindre de l'introduction d'eau dans des moules fermés, où l'on doit verser du métal fondu. De là résultent aussi les accidens terribles qui ont eu lieu en laissant tomber un peu d'eau dans des huiles chauffées. Les petites bulles de verre appelées bombe-chandelle, offrent un exemple frappant de la force de la vapeur d'eau; mais le risque qu'il y a qu'il ne soit lancé des particules de verre dans les yeux, exige que l'emploi de ces bombes ne soit fait que par des manipulateurs prudens. M. Watt évalue à 1800 les volumes de vapeur d'eau résultant d'un volume d'eau; et en nombres ronds, à 1728; nombre qui

diffère peu de la détermination ci-dessus de M. Gay-Lussac. L'évaluation à 14000, par Désagulier, était donc extravagante.

Il a été déjà fait mention, que le calorique de fluidité dans la vapeur d'eau surpasse celui d'un poids égal d'eau bouillante d'environ 540° centigrades. La manière la plus convenable de déterminer cette quantité, ou comme on l'appelle la chaleur latente de la vapeur d'eau, consiste à faire passer un certain poids de cette vapeur dans un poids donné d'eau à une température connue, et, de l'élévation de température du liquide, on conclut la chaleur qui s'est dégagée pendant la condensation de la vapeur. MM. Watt, Lavoisier, le comte de Rumfort, ont publié, ainsi que MM. Clément et Desormes et le Dr Ure, des observations sur ce sujet. « Dans cette recherche, dit ce dernier, je me servais d'un appareil très simple, et pouvant donner, je crois, au moyen d'une disposition convenable, les quantités absolues de chaleur latente dans différentes vapeurs, d'une manière aussi exacte que les mécanismes les plus perfectionnés et compliqués. Avec cet appareil, on obtiendra à tout degré des résultats comparatifs avec une grande précision. Il consistait en une cornue de verre de très petite dimension, à col court, entrant dans un ballon de verre très mince et d'environ 8 centimètres de diamètre. Le ballon était entouré d'une certaine quantité d'eau à une température connue, contenue dans un vase de verre. On introduisit dans la cornue 13 grammes du liquide dont on examinait la vapeur, et cette quantité de liquide fut rapidement distillée dans le ballon, à la chaleur d'une lampe d'Argand. La température de l'air était de 7°,22 centigrades et celle de l'eau dans le vase de 5°,56 à 6°,11, et l'élévation de température, occasionnée par la condensation de la vapeur, n'excéda jamais de 2°,22 centigrades celle de l'atmosphère. Par ces

moyens, comme la communication de la chaleur entre les corps qui diffèrent peu en température est très lente, je trouvai que l'air ne devait pas exercer d'influence sensible sur l'eau dans le vase pendant l'expérience, qui était toujours complétement terminée dans cinq à six minutes. On remuait continuellement dans cette eau un thermomètre d'une grande sensibilité; et l'on pouvait distinguer, au moyen d'une loupe, ses indications à des petites fractions de degré.

« Le docteur Black ayant négligé les précautions ci-dessus dans toutes ses expériences sur la chaleur latente de la vapeur d'eau ordinaire, il en résulta des erreurs matérielles dans son évaluation de cette chaleur. C'est ainsi que ce physicien distingué trouva que la chaleur latente de la vapeur d'eau n'excédait pas 426 à 430° centigrades; M. Watt estima depuis qu'elle se rapprochait davantage de 488 à 522° centigrades. Lavoisier et M. Delaplace ont porté cette chaleur latente à 537°,77, et le comte de Rumfort à 560°.

« Dans ma manière de procéder, la petitesse de la cornue, le peu de longueur du col, et son insertion complète dans le ballon, préviennent toute condensation par l'air dans son passage, tandis que la surface du ballon, et la masse d'eau étant grande relativement à la quantité de vapeur employée, la chaleur est transportée en entier au réfrigérant, où elle reste pendant un petit nombre de minutes sans diminution apparente.

« La même expérience, répétée un grand nombre de fois, se trouva d'un accord parfait dans ses résultats, dont la table qui suit présente le terme moyen. L'eau, dans chaque cas, pesait environ 2 kilogrammes, et l'on distillait 13 grammes de chaque liquide. La cornue était maintenue placée au centre du ballon au moyen d'un anneau délié fixé autour de son col. » Quant aux réductions

arithmétiques, je dois renvoyer au Mémoire même. Le docteur Thomson, en commentant cette partie de mes recherches, observe : « Il est évident que les chaleurs latentes déterminées de cette manière doivent être considérablement au-dessous de la vérité. La méthode imaginée par le comte de Rumford me semble de beaucoup la meilleure. Il refroidissait l'eau qui entourait le ballon, de 2°,22 centigrades au-dessous de la température du lieu où il opérait, et il continuait sa distillation jusqu'à ce que la température de l'eau fût devenue exactement supérieure de 2°,22 centigrades à celle de ce lieu ». M. le docteur Thomson n'a certainement pas lu mon Mémoire avec attention : il y aurait vu que je dis avoir reconnu que l'air n'exerce aucune influence sensible sur l'eau du vase pendant l'expérience, qui toujours est complétement terminée dans cinq à six minutes. Dans le fait, je laissai le vase de verre d'eau, à plusieurs reprises, à une température de 2°,22 centigrades au-dessus de celle du lieu pendant le double de la durée de l'expérience, et je trouvai à peine un changement apercevable dans le thermomètre plongé dans cette eau; je me mettais ainsi suffisamment en garde contre cette source d'erreurs. Mais j'ai reconnu depuis qu'il était convenable de faire pour le verre lui-même une compensation que j'ai omis, par accident, d'introduire dans mes réductions arithmétiques. Cette rectification aurait élevé la chaleur latente de l'eau à très près de 537°,77 centigrades, et celle des autres vapeurs dans un degré proportionnel. Je donne ici la table originale, en y joignant une colonne corrigée.

Table de la chaleur latente de vapeurs.

	Echelle cent.	Colonne corrigée.
Vapeur d'eau, à son terme d'ébull.	519°,44	537,77
Alcool, pesant. spécifique 0,825. .	227,77	236,11
Éther, terme d'ébullition 44°,44.	150,22	156,05
Pétrole.	81,»	84,33
Huile de térébenthine.	81,»	84,33
Acide nitrique, pesanteur spéc. 1,494, terme d'ébullit. 73°,89 centigrades.	277,77	287,77
Ammoniaque liquide, pes. spéc. 0,978.	447,39	463,27
Vinaigre, pesant. spécifiq. 1,007.	468,33	483,88

« La pesanteur spécifique de la vapeur aqueuse d'une force élastique faisant équilibre à la pression atmosphérique, est, comparée à celle de l'air, d'après les expériences exactes de M. Gay-Lussac, dans le rapport de 10 à 16. Pour la facilité de comparaison, faisons la vapeur d'eau l'unité ou = 1,00. Alors la pesanteur spécifique de la vapeur d'éther pur est 4,00, tandis que la pesanteur spécifique de l'alcool absolu est 2,60. Mais la vapeur d'éther, dont le terme d'ébullition n'est pas de 37°78 centigrades, mais de 44°,44, comme l'éther de la table ci-dessus, contient de l'alcool ; et par conséquent le nombre qui représente la pesanteur spécifique de sa vapeur doit être un peu diminué ; il deviendra alors, au lieu de 4,00, 3,55. L'alcool de 0,825 de pesanteur spécifique contient beaucoup d'eau. La pesanteur spécifique de sa vapeur est 2,30 ; celle de la vapeur d'eau étant, comme dessus, l'unité 1,00. Les espaces d'interstice dans ces vapeurs seront donc en raison inverse de ces nombres, ou $\frac{1}{355}$ pour l'éther, $\frac{1}{230}$ pour l'alcool, $\frac{1}{100}$ pour l'eau : d'où il suit, que $\frac{1}{355}$ de chaleur latente,

existant dans la vapeur éthérée, occupera un espace proportionnel par une condensation égale, ou que cette vapeur est douée de la même tension que celle de $\frac{1}{130}$ dans la vapeur alcoolique, et de $\frac{1}{100}$ dans la vapeur aqueuse. Il conviendra sans doute d'introduire une petite modification pour la différence des tensions thermométriques, ou chaleurs sensibles, sous la même force élastique. La vapeur d'eau ordinaire, par exemple, peut être considérée comme tirant toute son énergie élastique de la chaleur latente multipliée par la pesanteur spécifique + la tension thermométrique.

Donc les forces élastiques de l'eau, de l'éther et de l'alcool sont ainsi qu'il suit :

$$E_e = 521{,}11 \times 1{,}00 + 100^{\circ\text{ centig.}} = 522{,}11$$

$$E_{et} = 150 \times 3{,}55 + 44{,}44^{\circ} = 576{,}94$$

$$E_{al} = 227 \times 2{,}30 + 79{,}44^{\circ} = 597{,}54$$

trois équations qui ne diffèrent pas considérablement entre elles.

Lorsque les forces élastiques des vapeurs sont doublées, ou lorsqu'elles soutiennent une pression double, leurs espaces d'interstice sont proportionnellement diminués. On peut les considérer alors comme étant à l'état de vapeurs jouissant de pesanteurs spécifiques plus grandes. D'où il suit que la seconde portion de chaleur introduite pour donner la double force élastique n'a pas besoin d'être égale à la première pour produire la tension double.

« Cette manière de voir s'accorde avec les expériences de M. Watt, auxquelles on fait allusion dans le commencement du Mémoire. Il trouva que la chaleur latente de la vapeur d'eau est moin-

dre lorsqu'elle est produite sous une pression plus grande, ou dans un état plus dense, et que la chaleur latente est plus grande lorsque la vapeur est produite sous une pression moindre, ou dans un état moins dense. Berthollet regarde ce fait comme tellement inexplicable, qu'il a voulu l'écarter entièrement. Que cette manière de voir, que je viens d'exposer, relativement au rapport qui existe entre la force élastique, la densité et la chaleur latente de différentes vapeurs, soit en harmonie avec les phénomènes chimiques en général, c'est ce que je laisse à d'autres à déterminer: ce qu'il y a de certain, c'est qu'elle s'accorde avec le fait *inexplicable*. Quel que soit le sort de cette loi que j'annonce aujourd'hui, ce qui est établi par M. Watt peut être implicitement admis sous la garantie de sa sagacité et de sa bonne foi bien connues. » *Ure's Researches on heat*, p. 54 et 55.

Comme c'est le rapport de la vapeur de l'eau avec la chaleur, infiniment plus grand que celui de l'eau, qui fait que le terme d'ébullition de ce liquide reste si parfaitement stationnaire, dans des vaisseaux ouverts, sur les feux les plus actifs, on peut s'imaginer que d'autres vapeurs qui ont une chaleur latente plus petite ne sont pas capables de maintenir, par leur formation, l'ébullition de leurs liquides respectifs à une température uniforme. J'ai observé que cette variation dans le terme d'ébullition a effectivement lieu avec l'huile de térébenthine, le pétrole et l'acide sulfurique. Lorsque ces liquides sont brusquement chauffés dans des fioles à médecine, ils s'élèvent de 12 à 15 degrés centigrades au-dessus du point ordinaire auquel ces liquides bouillent dans des capsules hémisphériques. Il s'ensuit aussi que leurs vapeurs, étant produites avec peu de chaleur, sont aptes à s'élever avec violence d'explosion. L'huile de térébenthine varie en outre, dans son terme d'ébulli-

tion, suivant qu'elle est fraîche et limpide : il n'est donc pas besoin d'élever une objection sur deux degrés de différence. Mais, dans le *Système de Chimie* du docteur Murray, et tous ceux publiés en Angleterre avant 1817, on a assigné 293°,33 centigrades comme étant le terme d'ébullition de cette huile volatile. Il faut en excepter M. Dalton, car il dit : « Plusieurs auteurs ont avancé que l'huile de térébenthine bout à 293°,33 centigrades. J'ignore ce qui a pu donner lieu à cette erreur; mais son ébullition a lieu au-dessous de 100° centigrades, comme toutes les autres huiles essentielles. Le docteur Thomson établit le terme d'ébullition de l'huile de térébenthine à 156°,56 centigrades, terme qu'à raison de la grande confiance qu'il a dans son thermomètre, il insinue devoir être plus exact que le mien à 157°,77, et, *à fortiori*, que celui à 160°, tel que le trouva le fabricant d'huile à qui j'en avais référé; mais la différence de nos deux nombres est en réalité insignifiante, et elle peut être attribuée à l'état de l'huile et de la chaleur, tout aussi bien qu'à des erreurs provenant d'instrumens ou d'observations. Il est probable que nos thermomètres étaient également exacts, et que nous en avons fait usage avec un soin égal. Mais que dira le docteur Thomson de la réduction de M. Dalton?

De ce qui vient d'être dit, on peut inférer que la conversion à toutes températures, quelque basses qu'elles soient, d'un liquide ou d'un solide quelconque en vapeur, est constamment accompagnée d'une soustraction de chaleur des corps environnans, ou, en langage populaire, de production de froid, et que le degré de refroidissement sera proportionnel à la capacité de la vapeur pour la chaleur, et à la rapidité de sa formation. L'application de ce principe aux usages domestiques a été suggérée pour la première fois par les doc-

teurs Cullen et Black, perfectionnée et étendue depuis par M. Leslie.

Il paraît, en outre, probable que les gaz permanens ont, avec la chaleur, le même rapport supérieur que les vapeurs. Il s'ensuit que leur passage à l'état liquide ou à l'état solide doit être accompagné de dégagement de chaleur; et comme dans la combustion de l'hydrogène, du phosphore et des métaux, il y a abondance de matière gazeuse fixée, c'est à cette circonstance que Black et Lavoisier attribuèrent toute la chaleur et la lumière qui résultaient de cette combinaison. La meilleure explication qu'on puisse offrir de la commune notion, relativement à la chaleur latente des gaz, est l'effet produit par l'air condensé dans un tube-briquet, où la compression mécanique semble exprimer et chasser hors de l'air froid son approvisionnement latent et de chaleur et de lumière. Un tube de verre d'environ 20 centimètres de long et 12 millimètres de diamètre, bien calibré, fermé à l'une de ses extrémités, et auquel on adapte un court piston, est ce qui convient le mieux pour faire voir l'agréable résultat de cette expérience. Cependant, lorsqu'elle n'a pour objet que d'enflammer de l'amadou, un tube de laiton de 10 à 12 centimètres de large peut suffire. Une condensation d'air, opérée avec adresse, au cinquième de son volume, produira la chaleur d'ignition.

Nous avons fait voir, en traitant de la chaleur spécifique, que dans un gaz, sa diminution est plus rapide que celle de son volume; et par conséquent il y aura dégagement de chaleur par la condensation de ce gaz, soit que nous considérions ce phénomène comme l'expulsion d'un fluide, ou comme l'effet d'actions intenses excitées parmi les molécules par leur rapprochement violent. L'inverse du phénomène ci-dessus se produit en grand

dans les mines de Schmnitz en Hongrie. La machine hydraulique pour l'épuisement de ces mines consiste essentiellement dans deux forts cylindres de cuivre vidés d'air, distans verticalement d'environ 29 mètres l'un de l'autre, et réunis par un tuyau ou conduit. Le cylindre le plus élevé, qui est à l'ouverture de la mine, peut être chargé d'eau par la pression d'un réservoir élevé de 46 mètres au-dessus de lui. L'air, soudainement délogé par cette énorme pression hydrostatique, est condensé à travers le conduit, sur la surface de l'eau, dans le cylindre inférieur; ce qui la force à s'élever, dans le conduit, à sa surface; et alors elle prend sa place. Lorsque les robinets sont tournés pour recharger d'eau le cylindre inférieur, l'air, emprisonné, se dilatant jusqu'à son volume naturel, absorbe assez puissamment la chaleur pour convertir les gouttes d'eau qui sortent avec lui en grêle et en neige. M. Gay-Lussac a dernièrement proposé une imitation en très petit de cette machine pour produire un refroidissement artificiel. Il expose le petit corps à refroidir à un filet d'air s'échappant par un petit orifice d'une caisse dans laquelle cet air a été fortement condensé. Je fis, dans l'automne de 1816, chez M. Breguet, à Paris, une expérience analogue. Cet artiste célèbre m'ayant offert un de ses élégans thermomètres métalliques, je lui proposai aussitôt de nous en servir pour déterminer la chaleur soustraite d'abord, et ensuite dégagée dans l'épuisement d'air, et sa réadmission dans le récipient d'une machine pneumatique. Ayant renfermé dans nn récipient ce thermomètre, et un autre par Crighton, que je me trouvai avoir avec moi, nous reconnûmes, par un épuisement rapide du récipient, que le thermomètre de M. Breguet indiquait un refroidissement de 27°,77 centigrades, tandis que celui de Crighton ne s'était abaissé que

de 3°,88. Lorsque les deux thermomètres furent revenus à la même température, on fit promptement la rentrée de l'air dans le récipient. Le thermomètre de M. Breguet s'éleva alors de 27°,77 centigrades, tandis que celui de Crighton ne monta que de 3°,88, comme ci-dessus.

M. Darwin a donné une explication ingénieuse de la production de la neige sur les sommets des plus hautes montagnes, par la précipitation de la vapeur provenant de l'air raréfié qui s'élève des plaines et des vallons. « Les Andes, dit sir H. Davy, placées presque sous la ligne, s'élèvent au milieu de sables brûlans. Vers la moitié environ de la hauteur est un climat agréable et doux. Les sommets sont couverts de neiges qui n'éprouvent aucun changement, et ces rangs de température sont toujours distincts; les vents chauds du dessous, s'ils s'élèvent, se refroidissent en conséquence de la dilatation et de l'air froid; si par une force quelconque de la bouffée, il est chassé en bas, il est condensé et rendu plus haut à mesure qu'il descend. »

L'évaporation et la raréfaction, les grands moyens que la nature emploie pour tempérer les chaleurs excessives de la zone torride, agissent très puissamment sur les montagnes et les mers; mais les sables de niveau sont dévorés par la chaleur qui n'est point mitigée. Dans les climats plus doux, les ardeurs du soleil des solstices sont tempérées par les vapeurs qui s'élèvent en abondance de chaque rivière et de chaque champ, tandis que le froid d'hiver est modéré par la condensation des vapeurs de l'atmosphère, sous la forme de neige.

Dans les animaux, l'équilibre de température est maintenu par la vapeur qui se dégage en abondance des poumons et de la peau. La suppression de cette émanation est la cause ordinaire d'un grand nombre de maladies dangereuses; et parmi

elles, les fièvres tiennent le premier rang. La chaleur du corps, dans le cas de transpiration supprimée, excède quelquefois de 3 ou 4 degrés centigrades le terme moyen ordinaire de la chaleur dans l'état de santé. Les moyens directs et naturels d'atténuer les effets de cette température morbifique, furent, pour la première fois, systématiquement recommandés par le docteur Currie, de Liverpool. Il fit voir que par aspersion ou affusion d'eau froide sur la peau d'un malade tourmenté de la fièvre, on produit les plus salutaires effets, lorsque la température se maintient au-dessus de 36°,66 centigrades, qu'il n'y a point de sensation de frisson, ni moiteur à la surface du corps. Un moyen élégant de réfrigération topique, consiste à appliquer sur une partie quelconque de la peau un morceau de mousseline ou de papier tissu, et de l'humecter avec de l'éther, du carbure de soufre ou de l'alcool. En versant successivement des gouttes d'éther sur la surface d'un tube de verre mince contenant de l'eau, on peut former, dans le cœur de l'été, un cylindre de glace. Le moyen le plus convenable que le chimiste puisse mettre en usage pour dépouiller un gaz de vapeur, consiste à le faire passer lentement à travers un grand tube courbé en différens sens, et enveloppé dans du papier poreux humecté avec de l'éther.

D'un autre côté, si le chimiste désire exposer ses vaisseaux à une chaleur réglée, il fait condenser de la vapeur chaude sur leur surface froide. La chaleur, ainsi dégagée de la vapeur, passe dans le vaisseau, et l'élève promptement avec la plus grande précision à la température qu'il veut obtenir. Tout laboratoire doit donc être pourvu d'un bain de vapeur. Celui que je fis établir il y a peu d'années pour le laboratoire de l'institution où je professe la chimie, dit le Dr Ure, est tellement simple et d'un emploi si efficace, qu'il me semble convenable

d'en présenter ici la description. Ce bain de vapeur consiste dans une boîte carrée d'étain d'environ 46 centimètres de long, 30 de large et 15 de haut, creusée un peu à son fond par le marteau, vers son centre, dans lequel on perce un trou rond de 12 ou 15 centimètres de diamètre. Dans ce trou est soudé un tube d'étain de 8 à 10 centimètres de long : ce tube entre, en s'y adaptant très exactement, dans l'orifice d'une bouilloire ou cafetière à thé ordinaire, dont le manche est brisé et pliant. A la partie supérieure de la boîte sont pratiqués en certain nombre des trous circulaires de différens diamètres, dans lesquels on peut placer des capsules évaporatoires de platine, de verre ou de porcelaine. Lorsque la bouilloire, remplie d'eau, est mise, son bec étant fermé, sur une étuve, la vapeur, en se jouant sur les fonds des capsules, les échauffe à la température requise; et cette vapeur elle-même étant continuellement condensée, descend et retourne dans la bouilloire pour s'en élever de nouveau, en cohobation non interrompue. Les ouvertures sur le dessus de la boîte, dont on ne fait pas usage, sont fermées avec des couvercles d'étain. Pour sécher des précipités, je ferme le haut du tube de l'entonnoir de verre, et le place droit avec son filtre dans une ouverture de dimension convenable. Pour sécher le choux rouge, les pétales de violette, etc., on se munit d'une auge d'étain qui s'adapte solidement à la surface supérieure de la boite en dedans du bord qui l'entoure. Les orifices circulaires sont laissés ouverts pendant que l'auge est appliquée sur la boîte. On peut se servir avec avantage d'un appareil ainsi disposé pour l'épaississement des masses pâteuses, à former en losanges et coquilles.

Mais le plus éclatant trophée élevé à la science du calorique, est la machine à vapeur de Watt. Par une erreur de son ami le docteur Robison, ce

physicien célèbre a été jusqu'ici privé en partie de ses droits à l'admiration et à la reconnaissance des hommes. Quoique les recherches fondamentales sur la constitution de la vapeur d'eau, qui formaient la base solide de sa gigantesque construction, se trouvent coïncider parfaitement avec les résultats du docteur Black, elles n'en dérivent pas. Dans quelques conversations que j'eus l'honneur d'avoir avec ce bienfaiteur de son pays, peu de temps avant sa mort, il décrivait avec une naïveté charmante les expériences simples, mais décisives, à l'aide desquelles il parvint à découvrir la chaleur latente de la vapeur d'eau. Ses moyens et son loisir ne lui permettant pas de se procurer des appareils dispendieux et compliqués, il se servit de fioles à médecine. Avec ces fioles, il reconnut et constata les deux faits principaux : 1°. qu'un pouce cube d'eau devait former environ un pied cube, ou 1728 pouces cubes de vapeur d'eau ordinaire; 2°. que la condensation de cette quantité de vapeur chaufferait six pouces cubes d'eau, de la température de l'atmosphère à celle de l'ébullition. Il vit donc ainsi que six fois cette différence de température, ou (en supposant la température atmosphérique à 12 degrés centigrades) 528 degrés centigrades de chaleur avaient été pleinement employés pour donner à la vapeur d'eau son état d'élasticité; ce qu'il fallait soustraire entièrement avant qu'il pût être produit un vide complet sous le piston de la machine à vapeur. Ces déterminations-pratiques se trouvèrent depuis s'accorder assez avec les observations du docteur Black. Quoique M. Watt fût alors connu du docteur, il n'était pas avec lui dans ces termes de l'intimité qui les ont unis depuis, et il n'était pas membre de sa classe.

Les trois principaux perfectionnemens de Watt, qui semblent avoir épuisé les ressources de la science et de l'art, sont les suivans : 1°. un vase séparé,

qu'il appelle *condenseur,* plongé dans un corps d'eau froide, et communiquant simplement avec le grand cylindre, dans lequel se meut le piston d'impulsion, par un tuyau mince placé à côté de lui. En ouvrant une soupape, ou robinet de communication, la vapeur d'eau élastique qui avait soulevé le lourd piston, s'élance avec une vitesse magique dans le tuyau, laissant un vide presque parfait dans le cylindre, dans lequel le piston est forcé de descendre par la pression de l'atmosphère. Ce qui avait paru impossible aux précédens constructeurs de machines à vapeur, s'accomplissait ainsi. Le vide était formé sans refroidir le cylindre lui-même. Il restait ainsi à la chaleur bouillante pour recevoir le moment d'après la vapeur élastique et la maintenir à cet état. 2°. Son second grand perfectionnement consistait à supprimer tout-à-fait l'usage de la pression atmosphérique, et à faire mouvoir le piston par la force de la vapeur seule, en la faisant agir alternativement en dessus et en dessous de ce piston, qui par conséquent n'avait pas besoin d'être très lourd pour redescendre; et ce qui désormais ne devait pas nécessiter une aussi grande dépense de chaleur. 3°. Le dernier perfectionnement enfin était l'impulsion double, au moyen de laquelle la puissance de sa machine, déjà si grande, était dans un instant plus que doublée. Il n'avait pas besoin alors du contrepoids jusque là nécessaire dans la machine à impulsion simple, et Watt l'allégeait ainsi du poids de plusieurs centaines de kilogrammes dont, depuis l'époque de son invention, environ soixante-dix ans auparavant, on l'avait chargée.

L'application de la vapeur d'eau à l'échauffement des appartemens est un autre fruit précieux de l'étude de la nature et de la manière d'agir de cette vapeur. Ainsi, par une combinaison de moyens de sûreté, de propreté et d'agrément, on parvient à

produire une chaleur dont on peut adapter l'emploi à tout objet de convenance et de commodité particulières, ou en faire un usage utile dans les manufactures et établissemens publics. Il a été reconnu qu'une chaudière en ébullition échauffera, par *pied cube* (environ 28 décimètres cubes), un espace de *deux mille pieds* (environ 610 mètres) dans une filature de coton dont la chaleur moyenne est de 20 à 25 degrés centigrades. Et si l'on évalue à 25 pieds cubes (environ 700 décimètres cubes) de chaudière en ébullition la force d'un cheval dans une machine à vapeur, dont le travail se fait par manége, alors une semblable chaudière suffirait pour échauffer cinquante mille pieds cubes (environ 14,150 mètres cubes) d'espace. Il a été aussi reconnu qu'un pied carré (929 centimètres carrés) de surface de conduit de vapeur d'eau suffit pour l'échauffement d'un espace de deux cents pieds cubes (environ 6 mètres cubes). Cette quantité de surface s'adapte à un bâtiment ordinaire bien construit en briques ou pierres. La soupape de sûreté de la chaudière devrait être chargée d'un poids d'environ un kilogramme par chaque aire ou surface d'environ six centimètres carrés, ainsi que cela est réglé pour les machines à vapeur de M. Watt. Des conduits ou tuyaux de fonte de fer sont préférables à tous autres pour la diffusion de chaleur. Il faut tenir compte de la dilatation, qui, dans la fonte de fer, peut être évaluée à environ deux millimètres et demi pour chaque longueur d'environ trois mètres. Les conduits devraient être distribués à quelques centimètres en dedans du plancher.

On fait actuellement un très grand usage de la vapeur d'eau pour sécher la mousseline et les calicots. On en remplit de gros cylindres, qui, en répandant dans la pièce où ces étoffes sont sus-

pendues, une chaleur de 40 ou 50 degrés centigrades, les sèchent rapidement. Parfois on fait glisser l'étoffe en serpentant, et en l'y pressant fortement, autour d'une suite de cylindres à vapeur, rangés parallèlement. Elle est ainsi entièrement séchée, et sans danger, dans une minute de temps. L'expérience a appris que dans des laines teintes en couleur vive, comme l'écarlate, séchées à une chaleur ordinaire de magasin d'environ 53 degrés centigrades, la couleur est devenue foncée, et qu'elles sont rudes au toucher, tandis que des écheveaux semblables, laissés sur le conduit à *vapeur*, chauffés jusqu'à environ 74 degrés centigrades, conservent la nuance et l'éclat qu'ils avaient étant mouillés. Ceux qui travaillent dans les appartemens où l'on sèche à la vapeur d'eau sont sains et bien portans; les ouvriers qui étaient autrefois employés dans les magasins chauffés à l'étuve devenaient promptement maladifs et émaciés. Il faut attribuer ces effets nuisibles à l'action sur l'atmosphère de la fonte de fer, à une température élevée.

L'échauffement au moyen de la vapeur d'eau, de grandes quantités d'eau, ou autres liquides, soit pour bains ou pour manufactures, peut avoir lieu de deux manières; c'est-à-dire, que le conduit à vapeur peut être plongé ayant une extrémité ouverte dans un réservoir d'eau; ou, que la vapeur d'eau peut être répandue autour du liquide, en le faisant passer dans l'intervalle laissé vide entre le vaisseau qui contient le liquide et une enveloppe de bois dont on le garnit. Ce second moyen est d'une application universelle. Un gallon (environ 4 litres) d'eau à l'état de vapeur pouvant chauffer 6 gallons (24 litres) à 10° centigrades jusqu'au terme de l'ébullition ou de 90° centigrades; 1 gallon (4 litres) de vapeur d'eau suffira

pour élever la température de 18 gallons (72 litres) d'eau à 10° centigrades jusqu'à 40 degrés, ou de 30° centigrades.

DE L'ÉLECTRICITÉ.

Les phénomènes que manifeste un morceau d'ambre jaune ou succin, après avoir été frotté, constituent le premier fait physique consigné dans l'histoire de la science. Thalès de Milet, fondateur de l'école ionienne, attribua le mystérieux pouvoir de cette substance, pour attirer et repousser des corps légers, à un être ou esprit inhérent qui, tiré par le frottement, de son état d'engourdissement, poussait en avant et ramenait vers lui les particules flottant dans son voisinage. L'honorable Robert Boyle chercha aussi à rendre raison de ce phénomène, à l'aide de la même hypothèse. C'est du mot *electron*, nom grec de l'ambre ou succin, qu'est dérivé celui d'*électricité*, science qui a pour objet la recherche des attractions et répulsions, de l'émission de lumière et des explosions, qui sont produites, non seulement par frottement de surfaces vitreuses, résineuses et métalliques, mais encore par échauffement, refroidissement, évaporation et contact mutuel d'un grand nombre de corps.

1. *Exposé général des phénomènes électriques.* Si, après avoir frotté avec la main ou un mouchoir de soie, bien sec, un tube de verre, on l'approche de quelques parcelles de papier, de duvet, de plumes, ou mieux encore, de filamens de feuilles d'or, ces corps seront attirés d'abord, et ensuite repoussés. Si le tube est tenu parallèlement à une table sur laquelle ces petits corps ont été placés, il s'y formera par eux une danse électrique. Si l'on suspend au-delà de l'extrémité du tube frotté, au moyen d'un fil de lin, de chanvre, ou d'un fil métallique,

une balle de cuivre, cette balle participera du pouvoir mystérieux d'action du tube; mais, si la balle est suspendue par un cordon de soie, un cheveu, ou par une baguette de verre, de cire ou de résine, la vertu attractive et répulsive ne lui sera pas transmise.

Si, l'atmosphère étant sèche, l'on prend dans une main une baguette de verre et dans l'autre un bâton de cire à cacheter, et qu'après les avoir frottés avec de la soie ou une étoffe de laine, on approche la baguette ou le bâton d'un morceau de feuille d'or flottant dans l'air, il sera attiré, et ensuite repoussé. Si, pendant qu'on voit la pellicule d'or fuir le contact de la baguette qu'elle a touchée, on présente l'autre baguette ou le bâton de cire dans son voisinage, il s'ensuivra aussitôt une attraction de la pellicule vers cette baguette; et cet effet alternatif d'attraction et de répulsion se manifestera d'une manière frappante, en plaçant la baguette de verre et le bâton de cire frottés à une petite distance l'une de l'autre, ayant la pellicule d'or entre eux.

Si, après avoir suspendu, au moyen de fils de soie, deux cylindres de moelle de jonc ou de sureau, serrés l'un contre l'autre, on touche leurs extrémités inférieures avec la baguette de verre ou le bâton de cire, frottés, ces extrémités des cylindres s'écarteront à l'instant l'une de l'autre sous un angle considérable. Si alors on approche seulement des extrémités des cylindres divergens la baguette avec laquelle ils avaient été touchés, leur divergence augmentera; mais, si l'on en approche l'autre baguette, alors les cylindres tomberont aussitôt l'un sur l'autre, se joignant sur toute leur étendue. Lorsque les baguettes sont frottées dans l'obscurité, on aperçoit une flamme légère se promener sur elles, et il passera avec bruit de pétillement une étincelle à travers une jointure ou

articulation placée près de ces baguettes. Si la personne qui fait ces expériences est placée sur un gâteau de cire, ou sur un tabouret soutenu sur des pieds de verre, alors, en frottant le tube de verre, elle acquerra les facultés ci-dessus d'attraction et de répulsion; mais les corps légers, repoussés par le tube, seront attirés par son corps, *et vice versâ*. On voit ainsi que le corps *frottant* acquiert des propriétés électriques dissemblables de celles acquises par les substances *frottées*.

Telle est une esquisse d'énonciation des phénomènes élémentaires d'électricité. La science, dans son accroissement moderne, semble comprendre presque tous les changemens du monde corpusculaire, tel minutieux et caché qu'il soit, et aussi les météores depuis long-temps reconnus et si magnifiques de l'atmosphère. Nous allons actuellement traiter des phénomènes de l'électricité sous un point de vue méthodique, autant que les bornes de cet ouvrage pourront nous le permettre, en considérant ces phénomènes sous quatre titres :

Ier. *De* L'EXCITATION *d'électricité, ou des moyens divers par lesquels l'équilibre électrique est troublé.*

IIe. *Des deux* ÉLECTRICITÉS.

IIIe. *De la* DISTRIBUTION *du fluide électrique.*

IVe. *De la batterie voltaïque et de ses* EFFETS, *calorifiques ou incandescens et décomposans, ou les actions chimiques d'électricité.*

Quant à la nature de l'essence électrique, nous sommes à cet égard dans l'obscurité, de même que relativement à la nature du calorique. Les phénomènes peuvent être rapportés, et pour l'électricité, et pour le calorique, à un fluide particulier dont les molécules sont douées de pouvoirs innés idio-répulsifs, ou à une affection particulière des molécules de la matière commune.

Ier. *De l'excitation électrique.* — 1. Le *frottement* mutuel de tous solides, soit semblables, soit dis-

semblables, et celui d'un grand nombre de liquides contre des solides, exciteront invariablement les phénomènes électriques, pourvu que l'un des corps soit de nature à présenter un obstacle à la prompte diffusion de la vertu électrique. Il nous faut donc commencer par établir une liste des conducteurs et non-conducteurs de l'électricité.

1°. Les substances qui suivent conduisent l'électricité, ou en favorisent la distribution rapide. Celles placées à la tête de la liste, possèdent un pouvoir conducteur plus grand que celui de l'eau, dans la proportion de trois millions à un.

1. Cuivre.
2. Argent.
3. Or.
4. Fer.
5. Étain.
6. Plomb.
7. Zinc.
8. Platine.
9. Charbon.
10. Plombagine.
11. Acides forts.
12. Suie et noir de fumée.
13. Mines métalliques.
14. Oxides métalliques.
15. Acides étendus.
16. Dissolutions salines.
17. Fluides animaux.
18. Eau de mer.
19. Eau.
20. Glace et neige au-dessous de o.
21. Végétaux vivans.
22. Animaux vivans.
23. Flamme.
24. Fumée.
25. Vapeur.
26. Sels.
27. Air raréfié.
28. Terres sèches.
29. Minéraux en masse.

2°. Les substances qui suivent forment une liste de non-conducteurs électriques, dans l'ordre de leur pouvoir isolant.

1. Laque en écaille.
2. Ambre.
3. Résines.
4. Soufre.
5. Cire.
6. Asphalte.
7. Verres et tous corps vitrifiés, comprenant le diamant et les minéraux transparens cristallisés.
8. Soie écrue.

9. Soie blanchie.
10. Soie teinte.
11. Laine, cheveux et plumes.
12. Gaz desséchés.
13. Papier sec, parchemin et cuir.
14. Bois séché au four, et végétaux desséchés.
15. Porcelaine.
16. Marbre.
17. Minéraux en masse, non métalliques.
18. Camphre.
19. Caoutchouc.
20. Lycopode.
21. Craie sèche et chaux.
22. Phosphore.
23. Glace au-dessous de zéro.
24. Huiles, surtout celles les plus denses.
25. Oxides métalliques secs, en y comprenant les hydrates alcalins fondus et les hydrates terreux.

Le classement des deux listes ci-dessus est passablement exact, quoiqu'il soit probable que le phosphore, dépouillé de l'humidité qui y adhère, devrait être placé dans un rang plus élevé parmi les corps isolans.

On a ordinairement partagé toutes les substances matérielles dans les deux classes d'électriques et de non-électriques; mais cette distinction est sans fondement et erronément établie. Toute substance est électrique, ou capable de produire, par frottement, les phénomènes électriques. Ainsi, en prenant un corps quelconque de ceux de la première liste, ordinairement considérés comme non-électriques, une balle de cuivre, par exemple, et, qu'après avoir isolé cette balle au moyen d'une baguette d'un solide convenable quelconque, pris dans la seconde liste, on la frotte avec un morceau de soie ou d'étoffe de laine, on reconnaîtra qu'elle devient électrique; elle attirera et repoussera les corps légers, et donnera une étincelle brillante au doigt qu'on en approchera. Pour expliquer ce qui se manifeste alors, on a dit que l'équilibre électrique, qui constitue l'état ordinaire de la matière,

est troublé par le frottement, et que l'un des deux corps attire sur lui une surcharge de fluide électrique, tandis que l'autre reste dans un état où il manque de celui qui lui est nécessaire; ce qu'on a voulu désigner par les termes *positif* et *négatif*, ou plus et moins. Cependant plusieurs des phénomènes apparens se conciliant difficilement avec l'hypothèse d'un simple excès, ou manquant d'un fluide unique, on crut devoir l'abandonner pour lui substituer celle d'un fluide composé susceptible de décomposition par frottement ou autres moyens. Les fluides qui forment le fluide composé coexistent nécessairement dans le même corps; l'un apparaissant sur le corps frotté et l'autre sur le corps frottant; mais comme l'un de ces fluides se développe le plus ordinairement sur la surface du verre et l'autre sur la surface des résines, on a distingué le premier de ces fluides par le nom de fluide vitré, et l'autre par celui de fluide résineux; d'où résultent pour les corps les deux états d'électricité vitrée et électricité résineuse, états correspondans à ceux de positif et négatif de Franklin. Les deux fluides vitrés et résineux produisent par leur réunion une espèce de neutralisation réciproque, et l'état d'équilibre ou repos électrique. Quelques investigations récentes du profond géomètre-physicien M. Poisson, ont rendu cette seconde explication la moins improbable des deux. Qu'il nous soit toujours cependant permis de penser que le lien hypothétique dont nous nous servons actuellement pour unir ensemble les faits épars d'électricité, diffère probablement beaucoup de la chaîne au moyen de laquelle la nature les coordonne.

Il ne paraît pas y avoir de propriété physique commune aux corps conducteurs et non-conducteurs. L'arrangement cristallin donne toujours lieu à des propriétés non conductrices plus ou moins parfaites, si l'on en exclut les métaux. Ainsi le

carbone, dans ses formes pulvérulente ou fibreuse, est un excellent conducteur; mais cristallisé dans le diamant, il devient corps isolant. La même différence existe entre l'eau et la glace, et aussi, dit-on, entre le verre pilé et le verre compacte. Si, en effet, le verre pilé est conducteur, il ne doit l'être, d'après mes expériences, que très imparfaitement. Le verre, les résines et les graisses, qui, à l'état solide, sont non conducteurs, deviennent, étant fondus, conducteurs.

C'est sur le développement de l'électricité par le frottement, qu'est fondée la construction de nos machines électriques ordinaires. On supposa dans un temps, que l'action de ces machines se rapportait à l'oxidation de l'amalgame qui s'applique ordinairement à la face du frottoir; mais sir H. Davy ayant monté une petite machine dans un vaisseau de verre, de telle manière qu'on pouvait la faire mouvoir dans toute espèce de gaz quelconque, trouva qu'elle était active dans l'hydrogène, et plus active dans l'acide carbonique, que même dans l'atmosphère. En effet, si l'on se rappelle que le frottement des surfaces de verre, de la soie, ou de la cire à cacheter suffit pour produire des apparences électriques, on ne peut pas supposer que l'oxidation du métal soit essentielle à leur manifestation. Si même on dirige un courant d'air, ou si l'on fait passer un très petit filet de mercure pur sur la surface d'un carreau de verre sec, il en résultera une excitation électrique.

Les phénomènes électriques excités par le frottement, sont en général tellement énergiques, qu'il suffit, pour que l'apparence s'en manifeste, de morceaux de matière légère quelconque. S'il s'agit de découvrir un dérangement de l'équilibre électrique, occasionné par d'autres et de plus faibles causes, il faut recourir à des moyens *électroscopiques*, pouvant indiquer les plus petites

quantités d'électricité. Le plus sensible des électroscopes simples consiste dans deux bandes étroites oblongues de feuille d'or, suspendues dans un cylindre de verre de 5 centimètres de diamètre, et d'environ 15 centimètres de long, par un fil métallique, au centre d'une calotte de laiton, servant de couvercle au cylindre. Ce cylindre poserait sur un fond métallique, d'où, sur les côtés opposés, deux bandes étroites d'étain en feuille s'élèveraient sur la surface intérieure du verre jusqu'au niveau du milieu des bandes pendantes de feuille d'or. L'électroscope de Coulomb, qui agit par la torsion d'un fil de soie, tel qu'il sort du cocon, portant suspendue dans une cage de verre, une aiguille horizontale de soie enduite de gomme laque, se terminant en un petit disque de papier doré, est encore plus sensible; et c'est celui de ces instrumens dont les physiciens de Paris font le plus usage.

2°. L'électricité se développe aussi dans la *fusion* des corps inflammables. Si l'on verse du soufre fondu dans un vase de métal isolé, on trouvera, après la solidification du soufre par le refroidissement, qu'il est, ainsi que le métal, électrisé; que le soufre a acquis, en se refroidissant, l'électricité vitrée, et le métal l'électricité résineuse; ou quelquefois le phénomène se présente d'une manière inverse. Mais, d'après une suite d'expériences auxquelles ils soumirent un certain nombre de corps, MM. Van Marum et Troostwyck furent portés à conclure que, dans les cas de fusion, l'électricité était produite, soit par le frottement résultant du changement de volume lorsque le corps fondu se solidifie, soit par le frottement que les corps électriques éprouvent en s'étendant sur les surfaces d'autres corps, lorsqu'on les y verse à l'état liquide. Il se produit des phénomènes électriques dans les cas de la congélation de l'acide phosphorique glacial, et de

solidification par sublimation du calomel (protoxide de mercure). Les expériences de Henly sur l'électricité qui se développe pendant que du chocolat en fusion passe à l'état concret, ne semblent pas d'une explication facile, en la fondant sur le principe du frottement. Lorsque le chocolat est refroidi dans les moules de fer-blanc où il a été d'abord versé, l'électricité est forte, et continue quelque temps après que le chocolat en a été retiré. Lorsque le chocolat ayant été fondu de nouveau, on le laisse refroidir dans les moules, leur vertu électrique est rétablie, mais elle est moins forte que la première fois. Après la troisième ou quatrième fusion, l'électricité devient extrêmement faible. Lorsqu'on mêle le chocolat avec un peu d'huile d'olive avant de le sortir du moule, il devient alors fortement électrique. Or, en tout ce qui peut se rapporter au frottement, nous devrions avoir les phénomènes électriques aussi marqués à la quatrième fusion qu'à la première, et la présence de l'huile devrait rendre l'effet moindre, comme diminuant le frottement. Il est donc fort probable que l'acte de cristallisation donne toujours lieu a un changement de l'équilibre électrique, et qu'en général, la structure cristalline change les rapports électriques.

3. *Production d'électricité par évaporation.* — Si l'on place sur la calotte d'un électroscope à feuille d'or une petite capsule métallique contenant un peu d'eau, et qu'on y verse du fraisil ou cendre de charbon de terre chauffée au rouge, les feuilles d'or divergeront aussitôt, avec un écartement considérable; ou si, après avoir isolé un creuset chaud de fer, de cuivre, d'argent ou de porcelaine, on y verse quelques gouttes d'eau, d'alcool ou d'éther, en mettant alors le creuset en communication avec un électroscope, il se manifestera des phénomènes électriques.

4. *Développement d'électricité par dégagement de gaz.* Si, dans une coupe de platine posant sur la calotte de l'électroscope à feuilles d'or, on verse un peu d'acide sulfurique étendu, et qu'on y mette alors de la limaille de fer ou de la craie, il y aura divergence des feuilles d'or à mesure que l'effervescence devient active. Le même effet peut être produit avec l'acide nitrique et de la limaille de cuivre.

5. *Électricité produite par disruption d'un corps solide.* — Si l'on sépare subitement des lames de mica, si l'on rompt en travers un bâton de cire à cacheter, que l'on fende un morceau de bois sec et chaud, ou qu'on en râcle la surface avec du verre de vitre, ou enfin, qu'on fasse éclater une larme batavique en rompant l'extrémité, l'équilibre électrique sera troublé. Cependant, il est probable que ces cas peuvent être pour la plupart rapportés au frottement qui a lieu parmi les molécules. On peut aussi attribuer à la même cause l'électricité excitée en tamisant à travers un crible métallique différentes poudres et limailles de métaux, ou lorsqu'on les projette sur des plaques isolées.

6. *Développement d'électricité par changement de température.* — Haüy fit la découverte importante, que la propriété de manifester des phénomènes électriques par la chaleur n'appartient qu'à ceux des cristaux dont les formes ne sont pas symétriques, c'est-à-dire dont une extrémité ou un côté ne ne correspond pas à l'extrémité ou au côté opposé. Ainsi, par exemple, la variété de tourmaline que cet illustre minéralogiste appelle *isogone*, cristal prismatique à neuf pans, avec un sommet à six faces et l'autre à trois, étant exposée à une température d'environ 42° centigrades, ne donnera aucun signe de vertu électrique. Mais, si l'on plonge pendant quelques minutes cette tourmaline dans de l'eau bouillante, et que, la prenant avec

une petite pince par le milieu du prisme, on la présente à la calotte de l'électroscope, ou à une balle de moelle suspendue en pendule, déjà chargée d'une électricité connue, alors on verra la tourmaline attirer la balle par l'une de ses extrémités et la repousser par l'autre. Le sommet à trois faces possède l'électricité résineuse, et le sommet à six faces l'électricité vitrée. Quoiqu'une élévation de température soit nécessaire pour développer dans la tourmaline cette propriété, elle ne le devient pas pour la lui conserver. Sa vertu électrique peut continuer six heures après que sa température est revenue au premier point, surtout si on l'a placée sur un support isolé. Dans le fait, la tourmaline perd plus lentement son électricité qu'un morceau de verre dans des circonstances semblables.

Cette propriété d'attirer, étant chauffée, les corps légers, fut reconnue par les anciens dans la tourmaline, qui était probablement leur *lyncurium*. Les Hollandais donnèrent à celle de l'île de Ceylan le nom d'*aschentrikker*, de la vertu qu'elle manifestait d'attirer les cendres, lorsqu'on en laissait un morceau près du feu. Il paraît qu'à une température supérieure à celle de l'ébullition, la tourmaline perd de son activité électrique, et qu'elle est quelque temps avant de la recouvrer dans sa vertu première. Lorsque la tourmaline est grosse, elle devient capable d'émettre des éclairs électriques. Les topazes du Brésil et de Sibérie manifestent, étant légèrement chauffées, les mêmes phénomènes électriques. Les topazes de Saxe et la topaze bleue de l'Aberdeenshire ne sont électriques que par frottement. La boracite, la mésotipe et la calamine cristallisée deviennent aussi, comme la tourmaline, électriques par la chaleur.

7. *Électricité produite par contact de corps dissemblables.* — Si l'on prend deux disques plats, l'un

d'argent ou cuivre et l'autre de zinc, chacun de 50 à 75 millimètres de diamètre, munis l'un et l'autre d'un manche de verre par lequel on les tient, et qu'on les mette momentanément en contact en les appliquant surface à surface, on reconnaîtra, en les séparant, qu'ils sont électrisés l'un et l'autre. Lorsqu'on touche un disque de soufre, modérément chauffé, avec une lame de cuivre isolée, les effets électriques seront encore plus frappans. Des cristaux acides, touchés avec des lames métalliques, fournissent des phénomènes électriques. Enfin, des cristaux d'acide oxalique, mis en contact avec de la chaux vive sèche, développent de l'électricité. C'est sur l'excitation d'électricité par le contact de corps chimiques dissemblables qu'est fondé le principe d'action galvanique et la construction de la batterie voltaïque. Nous traiterons ci-après de cet admirable appareil.

II. *Des deux électricités.* — Il a déjà été établi que les deux électricités existent toujours ensemble et simultanément. Si elles résultent de la décomposition d'un fluide composé neutre en repos, nous pouvons facilement reconnaître que cette coexistence est inévitable. Cette décomposition peut aussi nous faire aisément comprendre comment un corps quelconque peut être rendu, par frottement, propre à manifester l'une ou l'autre des deux électricités, suivant la nature du frottoir. La seule exception à ce fait est celle que présente le dos d'un chat vivant qui donne l'électricité vitrée avec tout frottoir quelconque jusqu'à présent essayé. Pour reconnaître les espèces d'électricité développée, il suffit simplement de communiquer auparavant aux bandes de feuilles d'or une électricité connue, produite par excitation, soit du verre, soit de la cire à cacheter : si les bandes de feuilles d'or divergent avec la première de ces électricités, et qu'on approche alors un corps si-

milairement électrisé, la divergence augmentera; mais, en leur présentant un corps ayant une électricité opposée, les bandes de feuilles d'or se rapprocheront aussitôt l'une de l'autre.

On a présenté, dans la table qui suit, plusieurs substances qui acquièrent l'électricité vitrée quand on les frotte avec les substances qui suivent dans la liste, et l'électricité résineuse, étant frottées avec celles qui les précèdent :

La peau de chat.
Le verre poli ou lisse.
L'étoffe de laine, ou estame.
Les plumes.
Le bois sec.
Le papier.
La soie.
La gomme-laque.
Le verre dépoli.

Il ne peut être signalé de rapport visible entre la nature ou la constitution des substances et les espèces d'électricité que développe leur frottement mutuel; la seule loi générale qui se fait remarquer parmi les phénomènes, est que le corps frottant et le corps frotté acquièrent toujours des électricités opposées. Le soufre est vitreusement électrisé lorsqu'on le frotte avec tout métal, excepté le plomb, et résineusement avec le plomb et toute autre espèce de frottoir. Les corps résineux, frottés entre eux, acquièrent alternativement l'électricité vitrée et l'électricité résineuse; mais, étant frottés contre tout autre corps, ils deviennent résineusement électriques. La soie blanche acquiert l'électricité vitrée avec la soie noire, les métaux et le drap noir, et l'électricité résineuse avec le papier, la main de l'homme, le cheveu, et la peau de belette. La soie noire acquiert l'électricité vitrée avec la cire à cacheter, mais l'électricité résineuse avec les peaux de lièvre, de belette et de furet, avec le laiton, l'argent, le fer, la main humaine et la soie blanche. L'étoffe de laine se charge fortement d'électricité vitrée avec le zinc et le bismuth; médiocrement avec

l'argent, le cuivre, le plomb et le fer spéculaire. L'électricité est résineuse, lorsqu'elle est acquise par cette étoffe avec le platine, l'or, l'étain, l'antimoine, le cuivre gris, le sulfure de cuivre, le bisulfure de ce métal, les sulfures d'argent, d'antimoine et de fer. Lorsque deux rubans d'égale surface sont excités en faisant glisser une longueur de l'un sur une partie de l'autre, la portion qui a éprouvé le frottement devient électrisée vitreusement, et l'autre l'est résineusement. De l'air sec que l'on force à passer sur du verre s'électrise résineusement, et laisse le verre dans l'état opposé. Des étoffes de soie, agitées dans l'atmosphère avec un mouvement rapide, prennent toujours l'électricité résineuse, tandis que l'air devient électrisé vitreusement. Un ruban de soie blanche frotté contre un ruban noir bien teint donne toujours des signes d'électricité vitrée; mais, si le ruban de soie noire est sensiblement usé, et que le ruban de soie blanche soit chauffé, il manifestera l'électricité résineuse, et en refroidissant, il donnera de nouveau des signes d'électricité vitrée. Le résultat général que déduisit M. Coulomb de ses nombreuses et très exactes expériences sur ce sujet intéressant, est le suivant :

Lorsqu'on frotte ensemble les surfaces de deux corps, celle dont les parties composantes s'écartent le moins entre elles, ou se trouvent le moins hors de leur position naturelle de repos, paraissent en conséquence plus disposées à prendre l'électricité vitrée; cette tendance augmente, si les surfaces éprouvent une compression passagère. Réciproquement, celle des surfaces dont les molécules dévient le plus de leur position ordinaire par la violence de frottement de l'autre, ou par une cause quelconque, est par cette raison plus disposée à prendre l'état d'électrisation résineuse : cette tendance augmente, si la surface éprouve une dilatation réelle.

Plus cette opposition de circonstances est forte, plus le développement d'électricité sur les deux surfaces est énergique. Ce développement s'affaiblit en proportion de ce que l'état des surfaces devient plus semblable; une égalité parfaite ferait cesser les phénomènes, si elle pouvait exister. Ainsi, lorsque l'on frotte contre une surface métallique rude une substance animale ou végétale sèche, elle donne des signes d'électricité résineuse; dans ce cas, ses parties sont forcément séparées. Lorsque, d'un autre côté, cette substance est frottée contre un métal poli qui affecte à peine sa surface, ou qui comprime simplement les molécules, alors, ou elle ne fournit aucune évidence d'électricité, ou celle qu'elle manifeste est de l'espèce vitrée. La chaleur, en dilatant les pores, agit sur les surfaces des corps comme le ferait un rude frottoir; elle les dispose à prendre l'électricité résineuse. De même aussi, de la soie noire neuve, fortement teinte, frottée contre un ruban de soie blanche, prend toujours l'électricité résineuse; mais, lorsque l'étoffe de soie noire est usée, et sa couleur se passant, si l'on ouvre les pores du ruban blanc par la chaleur, celui-ci acquiert à son tour une plus grande tendance que la soie noire à prendre l'électricité résineuse, et en conséquence il la met à l'état d'électrisation vitrée. Cette disposition, comme on pouvait s'y attendre, cesse avec la cause accidentelle qui y donnait lieu, et le ruban blanc, en refroidissant, reprend son état de vitreusement électrisé. La teinture noire produit sur la laine le même effet que sur la soie. Un ruban blanc, frotté contre une étoffe de laine blanche, donne toujours des signes d'électricité résineuse; mais ce ruban, frotté contre de la laine teinte en noir, manifeste l'électricité vitrée. Je suis entré, dit le Dr Ure, un peu minutieusement dans le détail des causes, paraissant frappantes, qui donnent naissance à l'une ou à l'autre

électricité, parce que ces causes peuvent tendre à jeter quelque lumière sur les électricités qui se développent entre les corps chimiques, par frottement ou simple contact. Il a été, à la vérité, supposé que les acides non combinés, les alcalis et les métaux, sont dans un état constant d'électrisation résineuse pour les acides, et vitrée pour les alcalis et les métaux; mais il n'y a ni probabilité ni évidence que ces corps soient dans cet état. L'électricité produite par leur contact avec d'autres corps, sur une surface étendue, donne évidemment lieu à dérangement de l'équilibre préexistant. Un fil qui, dans l'électroscope de torsion le plus sensible, parcourt 90° avec une force de moins d'un millionième de grain, n'indiquera point d'électricité, lorsqu'on le ferait toucher l'acide ou le corps alcalin le plus énergique.

En décrivant les deux électricités, nous ne devons pas omettre de parler des observations intéressantes de M Ehrman. Il est des substances, de la classe des conducteurs imparfaits, qui ne peuvent recevoir qu'une espèce d'électricité lorsqu'on en forme des chaînons dans le circuit voltaïque : M. Ehrman appelle ces corps *unipolaires*. Le savon parfaitement sec et la flamme du phosphore, réunis avec les *deux* extrémités de l'appareil voltaïque et avec le sol, ne déchargent que l'électricité résineuse; les flammes d'alcool, d'hydrogène, de cire et d'huile ne déchargent, sous des circonstances semblables, que l'électricité vitrée. Tous ces corps cependant, lorsqu'ils ne sont en communication qu'avec un *seul* pôle de la pile et le sol, font cesser la divergence des feuilles de l'électroscope attachées à ce pôle. Pour rendre ces résultats manifestes, isolez, dans un temps sec, une batterie d'environ 200 paires de plaques; mettez en communication, par un fil mobile, avec chacun des pôles de la pile la calotte d'un électroscope à bandes de

feuilles d'or : lorsque l'un ou l'autre électroscope est mis en contact avec le savon communiquant avec la terre, la légère divergence des feuilles d'or cesse; mais, lorsque les électroscopes sont communiquant l'un et l'autre avec le savon et aussi avec la terre, la divergence des feuilles d'or attachées à l'extrémité zinc, ou au pôle électrisé vitreusement, continuera, tandis que les feuilles de l'autre électroscope se réuniront. L'ordre inverse d'effets se présente, où les feuilles de l'électroscope communiquant à l'extrémité zinc se réunissent, lorsque la flamme d'une bougie est en communication avec l'un et l'autre des électroscopes et avec le sol.

Dans un Mémoire intéressant de M. Brande, publié *Phil. Trans.* pour 1814, ce savant a cherché à expliquer d'une autre manière les phénomènes curieux que présentent les flammes. Comme il considère quelques corps chimiques comme étant naturellement à l'état électrique résineux et d'autres à l'état électrique vitré, il suppose que la flamme positive sera attirée par la polarité négative qui la neutralise, tandis que la flamme négative produit un rétablissement semblable de l'équilibre au pôle positif. Pour démontrer la vérité de cette hypothèse, il plaça les flammes de différens corps entre deux sphères de laiton isolées, contenant chacune un thermomètre sensible. Sa première expérience vérifia l'observation de Cuthbertson, que la flamme d'une bougie communique principalement sa chaleur à celle négative de deux boules faiblement électrisées l'une et l'autre par la machine cylindrique de la construction de Nairne.

Flammes attirées par

la boule positive.	*la boule négative.*
Hydrogène phosphoré légèrement.	Gaz oléfiant.
Oxide de carbone en un petit courant de vapeur, douteuse.	Gaz hydrogène sulfuré légèrement; sa vapeur d'acide sulfureux passait à la boule positive.
Idem, en grand courant de vapeur.	Hydrogène arseniqué; son acide arsénieux passait faiblement à l'autre boule.
L'acide produit par la flamme de soufre.	Hydrogène, résultat douteux d'après égalité d'attraction.
Flamme et fumées acides de phosphore.	Flamme de soufre carburé; ses fumées acides passaient à la boule positive.
Vapeur de gaz acide muriatique se manifestant en recouvrant les boules avec du papier de tournesol.	Flamme et fumées alcalines de potassium.
Vapeur d'acide nitreux.	Flamme d'acide benzoïque.
Vapeur d'acide benzoïque.	Flamme de camphre.
Vapeur d'ambre.	Flamme de résines.
	Flamme d'ambre.

Les flammes d'huile, de cire, etc., doivent être considérées, dit M. Brande, comme consistant principalement dans ces corps à l'état de vapeur; et leurs électricités naturelles étant positives, il est évident que lorsque ces flammes sont mises en communication avec le pôle *positif* de la batterie, et avec un électromètre à feuilles d'or, les feuilles continueront de diverger; mais ces flammes étant mises en communication avec le pôle négatif, cet état électrique sera annihilé par l'énergie positive inhérente de la flamme; et, par conséquent, les

feuilles de l'électromètre négatif ne divergeront pas. D'un autre côté, la flamme du phosphore est négativement uni-polaire. Or, on a vu que cette flamme (ce qui est probablement dû à la rapidité avec laquelle elle forme un acide puissant par sa combinaison avec une grande quantité d'oxigène) est attirée par la surface électrisée positivement, et que, par conséquent, elle est elle-même négative, de sorte qu'elle transmettrait l'électricité négative à l'électromètre, mais annihilerait la puissance négative; et paraît être ainsi un isolant sous les circonstances particulières que M. Ehrman a décrites. Je ne m'arrêterai pas à examiner jusqu'à quel point ces ingénieuses conclusions sont justes. Elles n'affectent point l'unipolarité du savon sec, qui, d'après la théorie de M. Brande sur celle des flammes, devrait être naturellement et constamment à l'état d'électricité positive, ce que nous savons ne pas être.

III. *De la distribution du fluide électrique.* — Nous serons en état de classer et de réunir sous ce titre plusieurs phénomènes importans, que par leur disjonction, des auteurs ont souvent rendus compliqués et difficiles à comprendre. Nous traiterons en premier lieu, de la distribution de l'une ou l'autre électricité isolée dans un corps et dans un système de corps en contact; et en second lieu, de la distribution d'électricité dans un système de corps contigus, n'étant pas en contact.

1°. Si l'on communique l'électricité à une sphère métallique isolée, on trouvera que le fluide s'est porté tout entier à sa surface, et que ses molécules intérieures sont absolument dépourvues de toute vertu électrique. Si, après avoir électrisé une sphère isolée de fer ou de laiton, dans laquelle on a pratiqué un trou d'environ 25 millimètres de diamètre, se prolongeant jusqu'au centre de ce corps, on fait toucher ce centre par une boule métallique suspendue

à l'extrémité d'une aiguille de gomme-laque, et qu'on la présente aussitôt à un électroscope sensible, on reconnaîtra qu'elle ne manifeste aucun signe quelconque d'électricité. Si cependant la boule touche le bord extérieur du trou, ou la surface de la sphère, en un point quelconque, cette boule acquerra une électricité très manifeste. Il s'ensuit, que si l'on applique pour un moment sur la surface d'un boulet de canon de 24, électrisé, deux coupes hémisphéroïdes de fer-blanc munies de manches isolans, au moyen desquels on les tient, on trouvera que toute la vertu électrique du boulet a passé dans les coupes, dont le poids peut ne pas être la dix millième partie de celui de ce corps. Cette distribution d'électricité est entièrement indépendante de la nature de la substance, et elle peut se déduire de la loi découverte par Coulomb, que les attractions et répulsions électriques sont inversement proportionnelles aux carrés des distances.

Le corps électrisé étant une sphère, la couche électrique extérieure, qui coïncide toujours avec la surface du corps, sera la même que la couche mince dans son intérieur. Si le corps électrisé est un ellipsoïde, la surface intérieure de la couche électrique sera aussi un ellipsoïde concentrique et semblable; car on démontre qu'une couche elliptique, dont les surfaces sont ainsi concentriques et semblables, n'exerce aucune action sur un point situé dans son intérieur. L'épaisseur de la couche en chacun de ses points, se trouve généralement déterminée par cette construction. Il en résulte que cette épaisseur est la plus grande au sommet du plus grand axe et la moindre au sommet du plus petit, et les épaisseurs qui répondent aux sommets différens, sont entre elles comme les longueurs de leurs axes respectifs.

2°. L'atmosphère et le support de verre étant

de parfaits non-conducteurs, la distribution ci-dessus continuerait d'avoir lieu, jusqu'à ce que quelque autre corps eût été rapproché de la boule ou mis en contact avec elle. Mais la surface du verre, même vernissé, fournit lentement à la puissance idio-répulsive du fluide électrique; et l'atmosphère, en partie par ses molécules aqueuses, et en partie par le faible pouvoir conducteur qui lui est propre, enlevera continuellement au globe de son électricité. Cette enveloppe aérienne immédiate n'a pas plus tôt acquis l'imprégnation électrique, qu'elle est repoussée et remplacée par une sphère nouvelle de molécules gazeuses. Par ce mouvement intérieur aérien de répulsion et d'attraction, la boule perd bientôt son excès d'électricité vitrée ou résineuse et reprend l'état neutre. En la plaçant au centre d'un récipient de verre sec, la durée de l'état d'électrisation peut être prolongée, mais plus tôt ou plus tard, l'équilibre électrique se rétablit entre elle et la matière environnante.

3°. Si avec la boule électrisée ci-dessus, on met en contact une autre boule non électrisée, du même volume, mais d'un poids très différent, on verra qu'il s'établit entre elles une distribution égale. Si à chacune de leurs surfaces on applique un disque isolé, il sera devenu capable d'affecter au même degré un électromètre gradué de torsion. On conçoit ainsi que les corps n'agissent pas sur l'électricité, en vertu d'une espèce quelconque d'attraction élective ou affinité. Mais on doit les considérer simplement comme des vaisseaux dans lesquels cette puissance est distribuée conformément aux lois de la mécanique.

Lorsque les sphères ci-dessus sont séparées, leurs électricités se répandent uniformément autour d'elles, et les quantités en sont trouvées égales lorsque les surfaces le sont; mais si les surfaces

sont inégales, suivant un rapport quelconque, il arrive alors que la quantité d'électricité varie dans un rapport différent, et moindre que celui qui existe entre les surfaces. Ainsi Coulomb s'assura que la surface de la sphère plus petite n'étant que du quinzième environ de celle de la sphère plus grande, sa quantité de fluide électrique était le onzième de celle de l'autre.

La table qui suit est celle générale de ses résultats:

Surface de sphère.	Densité de la petite sphère, dont la surface = 1.
1	1
4	1,08
16	1,30
64	1,65
Infinie.	Moins que 2,00
Idem, calculée par M. Poisson. .	1,65

La différence ne peut donc jamais s'élever à deux. Coulomb plaça deux globes, chacun de 5 centimètres de diamètre, sur une même ligne avec un globe de deux décimètres de diamètre, les deux plus petits étant en contact, et l'un d'eux en contact avec le plus gros. Il trouva que la quantité d'électricité du globe plus petit le plus éloigné du globe plus gros, était à celle du petit globe intermédiaire, comme 2,54 à 1. Quatre globes, chacun de 5 centimètres de diamètre, étant placés sur une file, successivement en contact entre eux et avec un globe de 2 décimètres de diamètre, on reconnut que le rapport des quantités d'électricités, prises par le petit globe le plus éloigné du gros, et par celui qui en était le plus près, était comme 3,4 à 1. Ayant placé vingt-quatre globes, de 5 centimètres de diamètre, sur une même file avec le globe plus gros, de 2 décimètres de diamètre, M. Coulomb compara le vingt-quatrième petit globe, c'est-à-dire le dernier dans la file,

avec les autres dans la même file, et les résultats furent ainsi qu'il suit :

La densité électrique du 24e à celle du 23e, comme.	1,49 à 1
du 24e à celle du 12e, comme. .	1,7 à 1
du 24e à celle du 10e, comme. .	2,1 à 1
du 24e à celle du 1er qui était en contact avec le gros globe, comme.	3,72 à 1
du 24e à celle du gros globe, comme.	2,16 à 1

Lorsque deux sphères d'égale dimension étant mises en contact et électrisées simultanément, on les examine sous le rapport de leur électricité, sur les différens points de leur surface, on a les rapports suivans :

Position des points comparée.		Rapport de la seconde épaisseur à la première.
90° et	20°	insensible.
90	30	0,2083
90	60	0,7994
90	90	1,0000
90	180	1,0576

Les diamètres des deux globes étant comme 2 à 1, on a :

90° et	30	insensible.
90	60	0,5882
90	90	1,0000
90	180	1,3333

Que dans les cas ordinaires, l'électricité soit confirmée sur les surfaces des corps, non seulement en raison de la faculté non conductrice de l'air, mais encore par une sorte de pression mécanique que l'air exerce, c'est ce qui devient évident lorsqu'on rend la densité de l'air moindre,

en faisant le vide. Quoique les molécules aériennes conductrices soient ainsi très sensiblement diminuées en nombre, ce qui paraîtrait devoir rendre l'air dans cet état plus complétement isolant; cependant le pouvoir électrique émane alors, avec une très grande rapidité, de la boule électrisée, en corruscations visibles. L'air raréfié est donc un bon conducteur.

4°. En touchant des points divers de corps électrisés isolés, avec un petit disque de feuille métallique, ajusté à l'extrémité d'une aiguille de gomme-laque, qu'il appliquait à son électroscope, M. Coulomb chercha à connaître la variation de densité électrique à divers points des surfaces des corps de formes et de grandeurs différentes. Il trouva dans ces essais, que vers les extrémités de tous les corps conducteurs oblongs, soit lames minces, prismes ou cylindres, il y a une augmentation rapide d'électricité. Il isola un cylindre circulaire de 5 centimètres de diamètres, et de 75 centimètres de long, terminé à chacune de ses extrémités par une demi-sphère. En comparant les quantités d'électricités accumulées au centre de ce cylindre, et à différens points vers ses extrémités, il trouva que :

	Rapport du second électroscope de torsion au premier.
Touché au milieu et à 5 centimètres de l'extrémité, le rapport était de.	1,25
Et, à 25 millimètres de cette extrémité.	1,80
Et à l'extrémité.	2,30

Lorsque le cylindre devient de plus en plus délié vers ses extrémités, l'accroissement d'électricité dans ces parties devient aussi plus considérable et plus rapide. Enfin, si l'extrémité du cylindre se prolongeait de manière à former le sommet d'un cône, l'accumalation à ce point est tellement forte, que

la résistance de l'air ne suffit plus pour retenir l'électricité sur la surface du corps conducteur, et qu'elle s'échappe en corruscations lumineuses visibles dans l'obscurité. Dans ce cas, la distribution uniforme d'électricité s'étend à une très petite distance de l'extrémité pointue. On conçoit ainsi pourquoi les corps munis de projections aiguës perdent rapidement l'électricité qui leur est communiquée. De même aussi, un plateau circulaire de 13 centimètres de diamètre, lorsqu'il est électrisé, a à son centre une tension électrique de 1; à 25 millimètres de ce centre, une tension de 1,001; à 5 centimètres, de 1,005; à 75 millimètres, de 1,17; à 10 centimètres, de 1,52; à 114 millimètres, de 2,07, et au bord, de 2,9 fois celle du centre. L'on comprendra facilement alors comment des machines électriques munies de conducteurs principaux allongés donnent des étincelles très vives.

De la distribution de l'électricité parmi des corps contigus qui ne sont point en contact. — Examinons ce qui arrive lorsque deux sphères électrisées sont mises hors de contact et un peu écartées l'une de l'autre. Il se manifeste alors un phénomène très remarquable. On a vu que, pendant le contact, l'électricité se trouve de même nature sur les deux sphères. Pour fixer nos idées, supposons que cette électricité soit l'électricité vitrée. On a également vu que l'électricité est nulle au point de contact; or, à l'instant où l'on sépare les deux sphères, si leurs dimensions sont inégales, cette nullité n'a plus lieu. L'électricité, combinée ou naturelle, de la petite sphère, se décompose en partie; et celle qui est de nature contraire à l'électricité de la grande sphère, ou, dans le présent exemple, l'électricité résineuse, se porte vers le point où le contact a eu lieu. Cet effet diminue à mesure qu'on écarte les deux sphères l'une de l'autre, et il de-

vient nul à une certaine distance, qui dépend du rapport de leurs *rayons*. Alors le point de la petite sphère, auquel le contact avait lieu, retourne à l'état où il était pendant le contact, c'est-à-dire que l'électricité y est nulle. En partant de ce terme, si l'on augmente la distance, toute la surface de la petite sphère se recouvre d'électricité de la même nature; et cette nature d'électricité et la même que pendant le contact. Ces phénomènes sont toujours particuliers à la plus petite des deux sphères, quelle que puisse être la quantité d'électricité qui leur est communiquée. Sur la plus grande sphère, l'électricité est toujours et partout de la même espèce qu'au moment du contact.

Dans une expérience faite par Coulomb, où la grande sphère avait 28 centimètres de diamètre et la petite 10, l'opposition des deux électricités continua d'avoir lieu jusqu'à ce que l'écartement des deux sphères fût devenu de 5 centimètres. Lorsque le diamètre de la petite sphère n'était que de 6 centimètres, l'opposition continuait jusqu'à ce que la distance fût devenue d'une quantité égale à celle du diamètre, ou de 6 centimètres, mais pas au-delà. Lorsque les sphères sont de dimensions égales, ces circonstances particulières n'ont pas lieu.

Lorsqu'on rapproche par degrés l'une vers l'autre deux sphères chargées d'électricités contraires, l'épaisseur de la couche électrique, aux points les plus près de leurs deux surfaces, devient plus grande; et cette épaisseur augmente indéfiniment à mesure que la distance des deux surfaces diminue. La pression que l'électricité exerce sur la lame d'air interposée entre les deux corps, augmente progressivement, et finit par surmonter la résistance de l'air; le fluide électrique s'échappant alors sous la forme d'une étincelle ou autrement, doit passer, avant leur contact réel, d'une surface à l'autre.

Cette action à distance est la clef des principaux phénomènes d'électricité.

Les premières recherches sur l'électricité donnent lieu à établir d'abord ce fait, que des corps électrisés attirent ou semblent attirer les matières légères qu'on leur présente, sans qu'il soit nécessaire de développer dans celles-ci la vertu électrique par frottement ou communication; mais il nous faut actuellement concevoir que ce développement est spontanément effectué par la simple influence à distance du corps électrisé, sur les électricités combinées ou électricité naturelle des petits corps autour de lui. Ainsi toutes les attractions réelles ou apparentes que nous observons n'ont lieu qu'entre des corps électrisés.

Lors donc qu'un corps conducteur isolé B, dans son état naturel d'électrisation, est mis en présence d'un autre corps électrisé et isolé A, l'électricité distribuée sur la surface de A, agit par influence sur les deux électricités combinées et en repos, ou sur l'électricité naturelle de B, décompose une quantité de cette électricité proportionnelle à l'intensité de son action, et la résout dans ses deux principes constituans. De ces deux électricités devenues libres, le corps A en attire une et repousse l'autre. Celle-ci se porte sur la partie de la surface B, qui est la plus éloignée du corps A, et la première, sur celle qui en est la plus voisine. Ces deux électricités agissent à leur tour sur l'électricité libre de A, et même sur ses deux électricités combinées, dont une partie se décompose par cette réaction, et se sépare, si le corps A est aussi conducteur. Cette nouvelle séparation entraîne une décomposition de l'électricité combinée de B, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les quantités de chaque principe deviennent libres, ou que les deux corps arrivent à l'équilibre par le balancement de toutes les forces attractives

et répulsives qu'elles exercent mutuellement les unes sur les autres, en vertu de leur nature différente ou semblable.

Si l'électricité qui a été donnée au corps électrisé A est vitrée, et si le corps B est un cylindre, l'extrémité de ce corps la plus voisine de A sera à l'état résineux; celle la plus éloignée, à l'état vitré, et la partie du milieu sera à l'état neutre.

Si, dans cet état de choses, l'on touche l'extrémité la plus éloignée avec un troisième conducteur C, également isolé et dans l'état naturel, et qu'on le retire alors, on le trouvera chargé d'électricité vitrée; ou si l'on touche avec le doigt l'extrémité éloignée du second conducteur, et qu'après l'en avoir retiré, on sépare les premier et second conducteurs isolés à une très grande distance, on trouvera que B a acquis de l'électricité, indépendamment de la présence de A; si cependant, sans avoir touché B, on les sépare, alors B n'étant plus exposé à l'influence de A, retournerait aussitôt à son état naturel; dans ce cas, les deux électricités décomposées, s'écoulant des extrémités, rétabliraient, en se recombinant, l'équilibre. Si l'électricité de A était vitrée, le contact d'un doigt non électrisé ferait passer B à l'état d'électricité résineuse, en ouvrant, pour parler ainsi, un canal par lequel puisse s'écouler l'électricité résineuse repoussée. On voit aussi combien cette succession d'action et de réaction peut augmenter prodigieusement l'intensité d'une électricité originairement très faible. On peut, sur ce principe, communiquer à volonté à un conducteur isolé l'une ou l'autre des électricités d'un corps électrisé, ou source.

Si nous excitons, en le frottant sur la manche de notre habit, un bâton de cire à cacheter, nous rendons cette électricité résineuse susceptible de produire ou l'état résineux, ou l'état vitré dans la

feuille d'or d'un électroscope. Si nous tenons le bâton à une petite distance au-dessus de la calotte ou couvercle de l'électroscope, les feuilles divergeront aussitôt, et dès que nous le retirerons, elles se joindront. Si nous touchons alors le couvercle pour un instant avec le bâton de cire à cacheter, les feuilles acquerront le même état électrique. Elles continueront de diverger avec électricité résineuse. Rétablissons l'état naturel, en touchant le couvercle avec le doigt, en tenant de nouveau le bâton de cire à cacheter un peu au-dessus de l'électroscope; touchons alors un moment son couvercle avec le doigt, et, en le retirant, éloignons en même temps le bâton de cire à cacheter, nous verrons les feuilles continuer à diverger; et en essayant l'espèce d'électricité, nous reconnaîtrons que c'est l'électricité vitrée; car l'approche du bâton de cire excité fera diminuer la divergence, tandis que celle du verre excité l'augmentera.

Ces attractions et répulsions réciproques, ainsi que ces décompositions du fluide électrique composé, expliquent parfaitement l'action du condensateur d'électricité tel qu'il a été imaginé par OEpinus ou Volta, et perfectionné par Cuthbertson; de l'électrophore, de la bouteille de Leyde, et jusqu'à un certain point, de l'appareil mystérieux de la batterie voltaïque. A ce sujet, toutes nos recherches électriques précédentes peuvent être considérées comme de simples introductions; car cet appareil constitue la grande chaîne d'union entre l'électricité et la chimie, dérivant probablement de suites non interrompues de décharges impulsives, et tirant par conséquent son merveilleux pouvoir d'analyse chimique des effets réunis d'électricité et d'attraction élective.

IV. *De l'électricité voltaïque.* — Le célèbre Galvani, professeur de physique à Bologne, qui s'occupait alors d'expériences sur l'excitabilité des

organes musculaires par l'électricité, ayant par hasard suspendu au moyen de crochets de cuivre, des grenouilles récemment tuées et écorchées qu'il employait à ces épreuves, aux palissades de fer de son jardin, il observa dans les pieds et les jambes de ces animaux, certains mouvemens convulsifs. Cet effet, qui ne pouvait s'expliquer par aucun principe connu, ouvrit dès-lors un vaste champ de recherche à la science physique.

La nature et l'objet de cet ouvrage ne nous permettant pas d'entrer dans des détails historiques, nous traiterons ici tout à la fois de *l'électricité voltaïque* dans son état actuel, et de la *chimie électrique.* Galvani avait attribué les mouvemens musculaires à une suite de décharges d'une électricité particulière inhérente et naturelle aux corps vivans, à laquelle on donna pendant quelque temps le nom d'électricité animale, ou qu'on désigna par le terme plus mystérieux de galvanisme. Mais Volta ayant répété les expériences de Galvani, reconnut et prouva que les phénomènes résultaient du contact des deux métaux hétérogènes, le cuivre et le fer, produisant dans l'équilibre électrique un dérangement qui, quoique très faible, pouvait cependant suffire pour affecter le plus sensible de tous les électroscopes, l'irritabilité des organes musculaires d'une grenouille récemment tuée, quoiqu'elle ne pût se manifester à aucun électroscope de construction humaine. Volta confirma pleinement cette belle théorie, que le contact de deux métaux différens, zinc et argent, sous la forme de disques tenus au moyen de manches ou tiges isolantes partant de leur centre, était capable d'affecter le condensateur ordinaire d'électricité.

Cependant Galvani cherchant à défendre l'hypothèse qui attachait son nom à la science, présenta, pour l'appuyer, quelques faits curieux, prouvant qu'on pouvait produire dans les membres

de cadavres de grenouilles, des convulsions musculaires entièrement indépendantes de l'action de métaux. Ce fut d'après ces objections que Volta fut amené à la découverte qu'il fit depuis, que des corps hétérogènes, autres que des métaux, pouvaient, par contact, troubler l'équilibre électrique. Il considéra que puisqu'une baguette déliée d'argent et une de zinc se touchant entre elles par l'une de leurs extrémités, et mises par l'autre en contact avec le nerf et le muscle, ou avec la colonne dorsale et les pieds d'une grenouille morte, étaient capables d'exciter des convulsions énergiques, une répétition sur une surface plus étendue de cette simple suite de deux métaux et d'humidité, pouvait produire un effet combiné se faisant sentir au toucher de la main. En s'attachant avec la persévérance la plus philosophique à suivre cette idée qui lui était propre, il parvint à construire avec le plus heureux succès, par une alternation régulière de disques d'argent, de zinc et de drap ou de coton mouillés, établis en forme de colonne, la pile électro-chimique et la batterie devant associer dans les âges futurs le nom de Volta à celui de Galvani. Les arcs métalliques composés de cuivre et de zinc avec lesquels Volta réunissait un circuit de coupes contenant de l'eau salée, pour former ce qu'il appelait sa *couronne des tasses*, peuvent être considérés comme présentant le même appareil dans un arrangement horizontal au lieu de celui en colonne. M. Cruickshanks substitua avec avantage à la première construction, une auge ou cuve voltaïque, et la seconde a suggéré l'idée de l'arrangement de cellules de porcelaine parallèles formées par des diaphragmes de la même substance, dans lesquelles on établit convenablement une suite de plaques métalliques composées.

Parmi les physiciens qui, après Galvani et

Volta, entrèrent dans la lice, il s'en est présenté deux d'une réputation illustrée par leur génie et les succès de leurs recherches : le docteur Wollaston et sir H. Davy. Le premier eut le mérite particulier d'établir et de tracer l'analogie qui existe entre les effets mystérieux du galvanisme et l'électricité ordinaire ; et il a depuis inventé un appareil, au moyen duquel cet agent peut exciter une vive ignition dans presque tout circuit microcospique. Quant à sir H. Davy, l'importance de ses découvertes dans l'électricité voltaïque et en chimie est telle, qu'il est difficile de trouver des expressions propres à la mettre dans tout son jour.

C'est en me guidant d'après les recherches de ces savans, dit le Dr Ure, que je vais essayer de présenter un exposé succinct des phénomènes voltaïques.

On peut distinguer, dans la science électro-chimique, six grandes époques : 1°. la première découverte par Galvani ; 2°. la découverte par Volta, du contact de métaux hétérogènes dérangeant l'équilibre électrique ; 3°. l'invention de la pile par Volta ; 4°. la puissance *chimique* de ce moyen comme agent, observée pour la première fois par MM. Carlisle et Nicholson, dans la décomposition de l'eau ; 5°. l'identité de ces effets chimiques avec ceux qui peuvent être produits par l'électricité ordinaire, découverte d'abord par le docteur Wollaston et démontrée par lui dans son admirable traité, *Experiments on the chemical production and agency of Electricity ;* et enfin, par sir H. Davy dans une suite de mémoires également remarquables sous le double rapport du génie et de l'adresse. Ce n'est qu'être juste envers ce savant que de faire observer que l'origine et le développement manifestement connu de ses plus brillantes découvertes, datent de l'époque qui suivit immédiatement celle où la construction de la pile de Volta fut annoncée. La lettre du célèbre Volta, dans laquelle il

décrit son invention, est datée de Côme, le 20 mars 1800; elle fut publiée dans l'automne de cette année, *Philosophical Transactions;* et dans *Nicholson's Journal*, pour septembre de la même année; sir Humphry Davy, alors surintendant de l'Institution pneumatique à Bristol, en donna une communication importante.

M. Carlisle, à qui sir Joseph Banks avait particulièrement donné lecture d'une lettre de Volta, construisit une pile; et, au commencement de mai, il fit, assisté de M. Nicholson, plusieurs expériences sur la décomposition de l'eau, et la coloration en rouge du tournesol par ce moyen. Mais ces expériences ne furent pas publiées avant le mois de juillet. M. Nicholson, dans un exposé fait en maître de la découverte de Volta, de celle de M. Carlisle, et de la sienne propre, s'exprime ainsi :

« Nous avions été porté, en raisonnant sur la première apparence d'hydrogène, à nous attendre à une décomposition de l'eau; mais nous ne fûmes pas peu surpris de trouver que l'hydrogène se dégageait au contact avec un fil, tandis que l'oxigène se fixait en combinaison avec l'autre fil, à la distance de presque deux pouces. Ce fait nouveau, qui reste encore à expliquer, semble indiquer quelque loi générale de l'action de l'électricité dans des opérations chimiques »

« Frappé, dit sir H Davy, du phénomène curieux remarqué par MM. Nicholson et Carlisle, savoir, la production apparente séparée d'oxigène et d'hydrogène de différens fils, ou de différentes parties de l'eau complétant le circuit galvanique, je dirigeai mes premières recherches sur les moyens de reconnaître si l'oxigène et l'hydrogène ne pourraient pas être séparément produits de quantités d'eau non immédiatement en contact entre elles. » Sir H. Davy rend compte alors d'expériences très

ingénieuses et décisives dans lesquelles il produisait le dégagement distinct d'oxigène et d'hydrogène, d'eau contenue dans deux verres séparés, lors même que la communication était établie entre eux, au moyen de fibre musculaire morte, à travers son propre corps, ou même à travers trois personnes. Il soumit ensuite à l'action de la pile voltaïque, de l'eau dépouillée par l'ébullition de son oxigène peu intimément combiné, et il obtint ses deux constituans à l'état de pureté.

« Réfléchissant, dit-il, sur cette production séparée d'oxigène et d'hydrogène de quantités différentes d'eau, et sur les expériences de M. Henry jeune, relativement à l'action de l'électricité galvanique sur différens corps composés, je fus porté à supposer que les parties constituantes de corps tels (en les considérant comme immédiatement décomposables par l'influence galvanique) pouvaient être dégagées séparément des fils, et en conséquence obtenues *distinctes l'une de l'autre.* »

Ayant soumis ensuite une dissolution de potasse à la puissance voltaïque de 100 paires de petites plaques, sans obtenir la décomposition à laquelle il s'attendait, sir H. Davy observe : « Surpris de ces résultats, qui prouvaient qu'il n'y avait pas eu décomposition de potasse, et que, dans cette manière d'opérer, cette substance ne produit d'autre effet que de rendre l'influence galvanique capable de dégager plus rapidement de l'eau l'oxigène et l'hydrogène, je me décidai à faire agir cette influence galvanique sur la potasse, par voie de communication directe. » Il n'y eut encore que décomposition d'eau, comme il y avait lieu de s'y attendre. Enfin sir Davy décrit la décomposition de l'ammoniaque liquide, ainsi que des acides sulfurique et nitrique, et termine en rectifiant une erreur dans laquelle le docteur Henry était tombé, relativement à une décomposition supposée

de potasse. « Si, dit-il, le rapport entre les quantités d'oxigène et d'hydrogène produites par les différens fils est toujours le même, quelles que soient les substances tenues en dissolution par l'eau avec laquelle ils sont réunis, cet hydrogène naissant deviendra un instrument puissant et exact d'analyse. »

Le docteur Wollaston enduisit le milieu d'un fil d'argent très fin, sur deux ou trois pouces, de cire à cacheter; et, en coupant ensuite ce fil par le milieu de la partie enduite de cire, il mit à découvert une section du fil. Les deux extrémités enduites du fil ainsi partagé, ayant été plongées dans une dissolution de sulfate de cuivre, furent placées, dans le circuit électrique, entre les deux conducteurs d'une machine cylindrique; et l'on fit passer à travers la dissolution, au moyen de ces fils, des étincelles tirées à environ 2,5 millimètres de distance. Après cent tours de la machine, il s'était formé sur la surface du fil qui communiquait avec ce qu'on appelle *le conducteur négatif*, un précipité qu'en le brunissant on reconnut être évidemment du cuivre; mais un semblable précipité n'avait pas été produit sur le fil opposé.

En donnant une direction inverse au courant d'électricité, l'ordre des phénomènes fut renversé par suite de ce changement; le cuivre fut promptement redissous, à l'aide du pouvoir oxidant de l'électricité positive, et il se forma, comme dans le cas ci-dessus, un précipité de cuivre sur le fil opposé.

Une expérience semblable, faite avec un fil d'or de 0,25 millimètres de diamètre, dans une dissolution de sublimé corrosif, eut la même réussite.

Si un morceau de zinc et un morceau d'argent ont chacun une extrémité plongée dans le même vaisseau contenant de l'acide sulfurique étendu d'une grande quantité d'eau, le zinc est dissous,

et fournit du gaz hydrogène par décomposition de l'eau : l'argent, n'étant pas attaqué, n'a aucun pouvoir de décomposer l'eau ; mais, toutes les fois qu'on fait toucher le zinc et l'argent, ou que l'on établit une communication métallique quelconque entre eux, il se forme aussi du gaz hydrogène sur la surface de l'argent. Tout autre métal quelconque que le zinc, pouvant, à l'aide de l'acide employé, décomposer l'eau, réussira également, si le fil consiste dans un métal sur lequel l'acide n'a pas d'action.

Des expériences analogues à la première, et également simples, peuvent aussi être faites avec un grand nombre de dissolutions métalliques. Si, par exemple, la dissolution contient du cuivre, il sera précipité par un morceau de fer, et paraîtra sur sa surface. Il ne se produit aucun effet sur l'argent plongé simplement dans la même dissolution ; mais, dès que les métaux sont mis en contact, l'argent reçoit un enduit de cuivre.

Dans l'explication de ces expériences, dit le docteur Wollaston, il est nécessaire de faire attention à un fait établi par le moyen de la pile électrique. Il est connu que, de l'eau étant placée dans un circuit de conducteurs d'électricité, entre les deux extrémités d'une pile, si le pouvoir est suffisant pour oxider l'un des fils de communication, le fil en contact avec l'extrémité opposée fournit du gaz hydrogène. Puisque, dans ce cas, on voit que le dégagement d'hydrogène dépend de l'électricité, il est probable que, dans d'autres cas, l'électricité peut être aussi nécessaire pour sa conversion en gaz. Il paraîtrait donc que, dans la dissolution d'un métal, il y a de l'électricité développée pendant l'action de l'acide sur ce métal, et que la formation de gaz hydrogène, même dans ce cas, dépend d'un passage d'électricité entre le fluide et le métal.

On voit en outre, dans les expériences avec le zinc, que ce métal a, sans le contact d'aucun autre, le pouvoir de décomposer l'eau; et comme il n'y a pas de raison pour supposer que le contact de l'argent produise aucun pouvoir nouveau, ce métal ne peut servir que comme conducteur d'électricité, et c'est par cette fonction qu'il occasionne la formation de gaz hydrogène. Dans l'expérience avec le fer, le métal a par lui-même le pouvoir de précipiter le cuivre, au moyen, il est à présumer, de l'électricité qui se développe pendant sa dissolution; et ici également l'argent acquiert, comme conducteur de l'électricité, le pouvoir de précipiter le cuivre à l'état métallique.

L'explication qu'on donne ici, relativement à ces combinaisons voltaïques de simples paires, reçoit une confirmation additionnelle des expériences comparatives ci-devant avec l'électricité ordinaire. Elles font voir que le même transport de pouvoir chimique et le même renversement apparent de l'ordre habituel d'affinités chimiques, dans la précipitation du cuivre par l'argent, peuvent être effectués par une machine électrique ordinaire. Il est ainsi prouvé que l'action chimique de l'électricité ordinaire est la même que le pouvoir excité par des moyens chimiques; mais, depuis, on avait remarqué une différence dans la facilité comparative avec laquelle la pile de Volta décompose l'eau et produit d'autres effets d'oxidation et de désoxidation des corps exposés à son action; et c'est en cherchant à écarter cette difficulté, que le docteur Wollaston réussit à produire, par l'électricité ordinaire, une imitation très rapprochée de la réalité des phénomènes galvaniques.

On avait pensé que, pour opérer la décomposition de l'eau, il était nécessaire de recourir à l'emploi de machines puissantes et de grandes jarres de Leyde; mais lorsque le docteur Wollas-

ton considéra que la décomposition doit dépendre de la force de la charge d'électricité, convenablement proportionnée à la quantité d'eau, et que la quantité exposée à son action à la surface de communication est en raison de l'étendue de cette surface, il parvint, en la réduisant, à effectuer la décomposition de l'eau avec une machine beaucoup plus petite. A cet effet, il se procura un petit fil d'or fin, qu'il tira en une pointe la plus déliée possible, et l'introduisit ensuite dans un tube capillaire de verre. Après avoir alors chauffé le tube de manière à le faire adhérer à la pointe et à la recouvrir de toute part, il le broya par degrés, à commencer par le bas, jusqu'à ce qu'avec une loupe, il pût apercevoir la pointe de l'or à découvert.

Le succès de cette méthode surpassant ses espérances, le docteur Wollaston revêtit de la même manière plusieurs fils, et il trouva qu'en faisant passer à travers l'eau des étincelles tirées des conducteurs ci-dessus mentionnés, à l'aide d'une pointe ainsi garnie, une étincelle passant à la distance d'un huitième de pouce, décomposerait l'eau, lorsque la pointe exposée n'excéderait pas un dix-sept centième de pouce de diamètre. Avec une autre pointe, dont il estimait le diamètre à un quinze centième de pouce, une suite d'étincelles, d'un cent vingtième de pouce de long, fournissait un courant de petites bulles d'air. Mais, de quelque manière qu'il fît ses essais à ce sujet, il remarqua que dans tous chaque fil donnait l'un et l'autre gaz oxigène et hydrogène, au lieu de la production de ces gaz séparément, ainsi qu'elle a lieu dans la pile électrique.

Le docteur Wollaston est disposé à attribuer cette différence d'effets à ce qu'il est nécessaire d'employer l'électricité ordinaire avec une plus grande intensité; car, que les électricités positive

et négative, ainsi excitées, aient chacune le même pouvoir chimique, comme il a été remarqué qu'elles l'ont ainsi dans la pile électrique, c'est ce qu'on peut reconnaître par d'autres moyens.

Il a été fait mention, dans la précipitation du cuivre par l'argent, d'un cas de désoxidation par l'électricité négative; on peut aussi démontrer le pouvoir oxidant de l'électricité positive, par ses effets sur les couleurs végétales.

Ayant coloré une carte avec une forte infusion de tournesol, il fit passer le long de cette carte un courant d'étincelles électriques, au moyen de deux pointes d'or fin, touchant la carte, à un pouce de distance l'une de l'autre. L'effet, comme dans d'autres cas, dépendant de la moindre quantité d'eau, était le plus apercevable, la carte étant presque sèche. Dans cet état, il devint suffisant d'un très petit nombre de tours de la machine pour produire au fil positif une couleur rouge très manifeste à l'œil nu. Le fil négatif étant ensuite placé sur la partie colorée en rouge, sa couleur bleue originale fut aussitôt rétablie. Les mêmes effets sont produits dans beaucoup moins de temps par la pile voltaïque.

Le docteur Wollaston conclut que toutes les différences que l'on découvre entre les effets galvaniques et ceux de l'électricité ordinaire, peuvent être dues à ce que la première de ces électricités est moins intense, mais produite en beaucoup plus grande quantité.

En faisant toucher un fil joint à l'extrémité zinc d'une pile voltaïque de 50 ou 100 paires, à la calotte de laiton de l'électroscope, il fera diverger à l'instant les feuilles d'or avec électricité vitrée. Un fil joint à l'extrémité cuivre, les fera diverger avec électricité résineuse; mais un fil du milieu de la pile n'aura aucun effet sur l'électroscope.

Si l'on introduit, des extrémités opposées de la

pile, des fils de platine dans la dissolution quelconque d'un sel neutre, consistant dans un acide uni à une substance alcaline terreuse ou métallique ordinaire, l'acide se réunira autour de la surface électrisée vitreusement ou positive; et l'alcali, la terre ou l'oxide, autour de la surface électrisée résineusement ou négative. Si l'on se sert, pour contenir la dissolution, de deux vases séparés, réunis par un filament d'asbeste humide, on trouve que l'acide rassemblé dans le vase contenant le fil électrisé positivement, sera en proportion définie, relativement à la matière recueillie dans l'autre vase; c'est-à-dire que l'acide formera avec cette matière un composé neutro-salin. Si c'est de l'acide muriatique aqueux qui agit sur les fils, il se séparera de l'hydrogène à la surface négative, et du chlore à la surface positive.

Les faits qui précèdent, constatés relativement à l'électricité voltaïque, peuvent être considérés comme élémentaires et fondamentaux, en ce qui concerne cette électricité. Avant de décrire ses effets plus grands et plus compliqués, nous allons présenter ici un exposé des diverses modifications de l'appareil.

Dans la cuve, ou auge originale de Cruickshanks, on assurait le contact parfait de chaque paire de plaques de cuivre et zinc, en soudant ensemble leurs surfaces. Chaque plaque métallique composée, et de forme carrée, était solidement fixée, au moyen d'un ciment, dans des rainures entaillées sur les côtés et le fond d'une caisse oblongue de bois d'acajou, pouvant tenir l'eau. Les interstices entre chaque paire de plaque, ou les cellules qu'elles formaient par leur séparation, étaient remplies avec le liquide excitant, neutro-salin ou acidulé. La difficulté de nettoyer les surfaces des plaques dans cette construction, et l'idée que la quantité d'électricité était proportionnelle

à la surfaçe zinc exposée à l'oxidation, portèrent à revenir à l'arrangement ou appareil des *tasses à couronnes*. Dans cet appareil, les plaques carrées zinc et cuivre dans chaque paire, étaient placées parallèlement entre elles, à une distance d'environ un demi-pouce, et soudées ensemble au milieu d'un bord, par un arc étroit, rectangulaire, de cuivre. Chaque paire était fixée parallèlement à celle qui la précédait, et à une distance correspondante à la largeur des cellules dans la cuve ou auge de porcelaine, leurs arcs rectangulaires étant fixés par une vis à une baguette de bois chauffée au four et bien vernie. Dix ou douze paires de plaques, de quatre à six pouces de diamètre chacune, ainsi disposées, peuvent être convenablement plongées toutes à la fois dans le liquide excitant, ou en être retirées de même. Par la réunion d'une suite de ces cuves ou auges, on se procurait une batterie très énergique. Plus récemment, le docteur Wollaston a rendu probable, que l'influence de l'appareil voltaïque pour faire brûler, est augmentée, en plaçant à l'une et à l'autre des surfaces opposées du zinc, à la distance d'un huitième ou un quart de pouce, une plaque de cuivre. Le pouvoir étonnant d'ignition de ses petites paires de plaques semble au moins justifier cette conclusion.

Pour la solidité de construction, et la commodité dans l'emploi, je préfère la caisse ou boîte d'acajou, et les paires de plaques soudées de Cruickshanks. On peut enlever aisément des surfaces du zinc, au moyen d'un grattoir ou racloir d'acier de forme convenable, l'oxide qui y est adhérent. Je ne pense pas non plus que cette forme d'appareil soit notablement inférieure, en effet chimique, aux plaques séparées, de même dimension, dans des cellules de porcelaine. Le docteur Hare, de Philadelphie, a dernièrement ima-

giné une modification ingénieuse à l'appareil de la seule paire, produisant ignition, du docteur Wollaston ; et d'après le grand pouvoir d'exciter la chaleur qui résulte de cette modification, ainsi que de sa faible intensité électrique, le docteur Hare a cru devoir donner au nouvel appareil auquel elle donne lieu, le nom de *calorimoteur*. Lorsque les plaques sont très larges, elles doivent être établies sur le plan de la cuve ou auge à porcelaine. C'est ainsi que M. Children construisit sa batterie gigantesque, le plus magnifique appareil voltaïque qui ait jamais été vu. Cet appareil consiste dans vingt paires de plaques de cuivre et zinc, chaque plaque ayant six pieds (1^{m},829) de long, sur deux pieds huit pouces (0^{m},913) de large. Chaque paire est jointe à chaque bout par des lames ou rubans de plomb, et est placée dans une cellule en bois séparée. Ces vingt paires de plaques sont suspendues à une poutre ou solive de bois, faisant les fonctions de fléau de balance, ayant des contre-poids, au moyen de quoi on peut facilement enlever les paires de plaques de leurs cellules, ou les y laisser descendre. Le pouvoir de cette batterie fut essayé pour la première fois le 2 juillet 1813. Les cellules furent remplies avec soixante parties d'eau et une partie d'un mélange d'acides nitrique et sulfurique, qui fut par degrés augmenté jusqu'au double de cette quantité d'acide. Des conducteurs de plomb charriaient l'électricité dans un lieu obscur contigu, où se faisaient les expériences. Le pouvoir de la batterie fut prodigieux; il enflamma et fit brûler un fil épais de platine, sur une longeur de six pieds (1^{m},829); mais un fil de platine plus petit ne pouvait être brûlé sur une longueur égale. Cette différence fut ingénieusement attribuée par le docteur Wollaston à l'influence refroidissante de l'air, agissant plus efficacement sur la masse plus déliée de métal. Du

platine, dans des longueurs moindres, était fondu avec grande facilité. De l'iridium fut fondu en un globule, et se faisait aisément reconnaître comme étant un métal cassant. De la mine composée d'iridium et d'osmium, fut également fondue, mais non parfaitement. Du charbon, maintenu à la température d'une chaleur blanche dans des gaz chlore et chlore-carbonneux, ne produisait sur eux aucun changement; et cette énorme batterie ne put, par aucun moyen quelconque, opérer d'effet sur le tungstène ni sur l'urane.

Dès le commencement de son illustre carrière électro-chimique, sir H. Davy inventa diverses constructions voltaïques, dans lesquelles il n'employait, ou qu'un seul métal, ou aucun corps métallique. Parmi les *Nouvelles scientifiques* insérées *Philosophical querto Journal*, mai 1801, on apprend que ce savant avait formé des piles consistant dans les métaux simples, argent, cuivre, zinc et plomb, et qu'un des arrangemens était une plaque de métal, un morceau de drap trempé dans de l'acide nitrique étendu, un autre morceau de drap trempé dans une dissolution de sulfure de potasse; puis une autre plaque du même métal, et les trois morceaux de drap comme ci-dessus. On ajoute, dans cet article du journal, que si l'on se sert d'une cuve ou auge avec cellules, la séparation entre l'acide et la dissolution de sulfure de potasse peut être établie au moyen d'une plaque de corne, au lieu du morceau de drap imbibé d'eau, les deux liquides, l'acide et la dissolution de sulfure, pouvant être réunis par une lanière de drap mouillé, tendue sur le bord supérieur de la plaque de corne. La communication aura ainsi complétement lieu, sans donner lieu à aucun mélange, parce que l'eau est plus légère qu'aucun des autres liquides. Il fut publié un exposé complet de ces nouveaux et très curieux arrangemens dans les *Philosophical Transac-*

tions, pour l'année ci-dessus 1801, et cet exposé est copié, *Nicholson's Journal*, dans le numéro de décembre.

L'argent ou le cuivre forme, dans la construction ci-dessus, un appareil électrique qui, avec une suite de cinquante plaques, donnera des commotions. Lorsque la construction est celle d'une pile, le drap imprégné de la dissolution la plus dense devrait être placé le plus au-dessous dans chaque alternation, et la dissolution de sel commun dans le milieu.

Les tables qui suivent contiennent quelques suites formant des combinaisons électro-voltaïques, arrangées dans l'ordre de leurs pouvoirs; les substances les plus actives étant nommées les premières dans chaque colonne.

TABLE *dressée par sir H. Davy, de quelques arrangemens électriques, formant, par combinaison, des batteries voltaïques composées de deux conducteurs et d'un conducteur imparfait.*

Zinc. Fer. Étain. Plomb. Cuivre. Argent. Or. Platine. Charbon.	Chacune de ces substances est le pôle positif relativement à tous les métaux placés au-dessous d'elle dans la colonne, et le pôle négatif à l'égard des métaux placés au-dessus.	Dissolution d'acide nitrique. — d'acide muriatique. — d'acide sulfurique. — de sel ammoniac. — de nitre. — d'autres sels neutres.

IIe. TABLE. *De quelques arrangemens électriques, consistant dans un conducteur, et deux conducteurs imparfaits.*

Dissolution de soufre et potasse.	Cuivre.	Acide nitrique.
— de potasse.	Argent.	Acide sulfurique.
— de soude.	Plomb.	Acide muriatique.
	Etain.	Toute dissolution contenant un acide.
	Zinc.	
	Autres métaux.	
	Charbon.	

Les métaux ayant pour l'oxigène l'attraction la plus forte, sont ceux qui forment le pôle positif dans tous les cas où le liquide menstrue agit chimiquement en fournissant l'oxigène; mais lorsque le liquide menstrue cède du soufre aux métaux, le métal qui a la plus forte attraction pour le soufre, dans les mêmes circonstances d'oxidation, détermine le pôle positif. Si donc, dans une suite de cuivre et fer, introduite dans une cuve ou auge de porcelaine, les cellules sont remplies avec de l'eau ou avec des dissolutions acides, le fer est positif et le cuivre négatif; mais lorsque les cellules sont remplies avec des dissolutions de soufre et de potasse, le cuivre est positif et le fer négatif.

Dans toutes combinaisons concernant *un* métal, la surface opposée à l'acide est négative, tandis que celle en contact avec la dissolution d'alcali et soufre, ou d'alcali, est positive.

Tous ceux qui savent apprécier le mérite de recherches philosophiques, doivent considérer avec admiration cette loi importante découverte par sir H. Davy. Elle promet de nous faire pénétrer plus avant dans les mystères de l'action électro-chimique qu'aucun principe général jusqu'à présent établi. Elle présente une autre belle analogie

entre l'électricité et la chaleur; car comme le dégagement de la chaleur est toujours proportionnel à l'intensité de combinaison chimique, de même aussi, dans le cas présent, on voit que l'action chimique plus intense se lie au dégagement d'électricité positive, tandis que cette action plus faible est associée avec l'électricité négative. L'électricité positive, si l'on en juge par l'apparence de sa lumière, est la plus active des deux, et l'on sait que cette électricité provoque les plus intenses combinaisons de corps; savoir, celles avec le chlore, l'iode et l'oxigène.

La divergence des feuilles dans l'électroscope à feuille d'or, et, plus exactement, la séparation de la balle et du disque dans l'électromètre de Coulomb, sont proportionnelles à la force qui repousse, ou à l'intensité de l'agent électrique. Il s'ensuit que la répétition, ou l'augmentation du nombre dans une suite de plaques voltaïques d'une dimension médiocre, indique la même énergie de répulsion dans les piles composées de ces plaques, que dans celles formées d'une suite de plaques de beaucoup plus grande dimension. Quant aux conducteurs imparfaits, tels que le corps humain, ou les dissolutions neutro-salines, les effets, savoir, la commotion ou le transport des élémens, sont aussi proportionnels à l'intensité électrique, ou aux indications électroscopiques. Pour obtenir ces effets, il n'est pas nécessaire d'agrandir les plaques au-delà d'une certaine dimension, qui est relative au pouvoir conducteur des substances à travers lesquelles on a à transmettre l'énergie électrique; mais avec d'excellens conducteurs, tels que le charbon et les métaux, c'est la *quantité* d'électricité, et non son état de *condensation* qu'il faut considérer. L'intensité est essentielle pour donner le pouvoir de communiquer les polarités électriques à une suite de molécules liquides matérielles, ou

pour les forcer à se frayer une route, s'il est possible de s'exprimer ainsi, à travers la structure animale; mais la même intensité est tout-à-fait superflue relativement aux objets métalliques. Pour opérer des changemens sur ces corps, il s'agit de favoriser le dégagement d'une grande masse de puissance électrique, en faisant usage de plaques d'une surface étendue.

Pour offrir la preuve de la justesse de cette manière de voir, soient deux batteries mises en action par le même liquide excitant, l'une formée de 20 paires de plaques nettes de 1 pouce, et l'autre de 20 paires de plaques de 10 pouces. En exposant une petite colonne d'eau dans un tube de verre, d'abord à l'une des batteries, et ensuite à l'autre, ou en réunissant avec les deux mains, d'abord les deux extrémités de l'une, et ensuite celles de l'autre, on éprouvera que le dégagement de gaz ou la commotion est à peu près égale. Si, pendant que la plus grande batterie est en action sur l'eau ou sur le corps humain, on fait toucher entre eux deux petits cylindres de charbon, joints aux extrémités de la cuve ou auge au moyen de fils métalliques, l'excès électrique suffira pour produire une vive ignition aux points de contact. On peut substituer une feuille d'argent au charbon, et un effet semblable aura lieu. La petite batterie cependant épuise son énergie sur la colonne d'eau. Étant ainsi employée, elle fera à peine éprouver quelque sensation aux doigts, et elle ne produit aucun effet sur le charbon ou la feuille d'argent. La batterie même de M. Children, qui, après avoir fait brûler de grandes longueurs de fil de platine avec un éclat de blancheur insupportable à l'œil, le fondait en globules, et qui faisait émettre du charbon une lumière plus éblouissante que le rayon solaire, ne produisait pas plus d'effet sur l'eau;

ou sur le corps vivant qu'une suite égale de petites plaques.

Comme la batterie de M. Children, composée de 2000 paires de plaques de 32 pouces (environ 81 centimètres) chaque, établie par souscription d'un petit nombre de protecteurs de la science, qui se sont réunis à l'Institution Royale de Londres, est la plus puissante du monde en *effet calorifique*, c'est encore la plus puissante en *intensité électro-chimique* qui ait été construite. Sa surface totale est de 128000 pouces carrés (environ 83 mètres carrés).

Cette batterie, lorsque les cellules étaient remplies avec 60 parties d'eau mêlée avec une partie d'acide nitrique et une partie d'acide sulfurique, fournissait une suite d'effets brillans et causant la plus grande impression. Lorsque deux morceaux de charbon, d'environ un pouce de long et d'un sixième de pouce de diamètre, étaient placés à une distance d'un trentième ou d'un quarantième de pouce l'un de l'autre, il se produisait une étincelle brillante, et le charbon était mis à l'état d'ignition au blanc sur plus de la moitié de son volume; et en éloignant un peu les pointes l'une de l'autre, il s'établissait une décharge continuelle, au travers de l'air échauffé dans un espace égal à au moins quatre pouces, produisant un arc ascendant de lumière des plus brillans, étendu et conique dans le milieu. Lorsqu'une substance quelconque était introduite dans cet arc, elle était à l'instant rendue rouge de feu.

Le platine se fondait dans cet arc comme la cire dans la flamme d'une bougie ordinaire. Le quartz, le saphir, la magnésie, la chaux, tous ces corps entraient en fusion. Des fragmens de diamant et des pointes de charbon et de plombagine disparaissaient promptement, et semblaient s'y evaporer, lors même que la communication était établie

dans un récipient de la machine pneumatique vidé d'air; mais il n'y avait pas évidence qu'ils eussent préalablement éprouvé la fusion.

Lorsque la communication entre les pointes positivement et négativement électrisées était établie dans l'air raréfié dans le récipient de la machine pneumatique, la distance à laquelle la décharge avait lieu augmentait en raison de ce que le vide s'opérait; et lorsque l'atmosphère, dans le vaisseau, ne supportait plus qu'un pouce de mercure dans la jauge barométrique, les étincelles traversaient un espace de près d'un demi-pouce. En éloignant les pointes l'une de l'autre, la décharge avait lieu à travers une distance de 6 ou 7 pouces, en produisant la plus belle corruscation de lumière pourpre; le charbon devenait d'une ignition intense, et du fil de platine attaché à ce charbon se fondait avec scintillations brillantes, et tombait en gros globules sur le plateau de la machine. Tous les phénomènes de décomposition chimique se produisaient ainsi avec une très grande rapidité. Lorsque les pointes de charbon étaient rapprochées l'une de l'autre dans des liquides non conducteurs, tels que des huiles, des éthers, et des composés de chlore, il se manifestait des étincelles brillantes, et il se produisait un dégagement de matière élastique. L'intensité électrique était en effet telle, qu'il y avait production d'étincelles, même dans de bons conducteurs imparfaits, tels que les acides nitrique et sulfurique.

Lorsque les deux conducteurs, partant des extrémités de la combinaison, étaient mis en communication avec une bouteille de Leyde, l'un avec sa garniture intérieure, l'autre avec sa garniture extérieure, la batterie devenait à l'instant chargée; et en retirant le fil, et formant les jonctions convenables, on pouvait apercevoir une étincelle ou éprouver une commotion. Il suffisait du moindre

temps possible de contact pour renouveler la charge dans toute son intensité.

Les faits généraux de la connexité de l'augmentation des différens pouvoirs de la batterie électrique avec l'augmentation du nombre et de la surface des suites, sont très distincts; mais déterminer le rapport exact de la connexité, c'est un problème dont la solution n'est pas facile.

MM. Gay-Lussac et Thénard annonçaient que le pouvoir de décomposition chimique augmente seulement comme la racine cube du nombre de plaques; mais leurs expériences avaient lieu avec des parties de piles; ce qui, dit sir H. Davy, les rendait très défavorables pour obtenir des résultats exacts. Dans les divers essais qu'il fit avec beaucoup de soin dans le laboratoire de l'Institution Royale, les résultats furent tout-à-fait différens.

Les batteries dont se servait sir H. Davy pour ces expériences, faisaient partie de la grande combinaison dont il a été ci-devant parlé; elles étaient complétement isolées, et chargées d'une manière semblable. Il y faisait aussi emploi d'arcs de zinc et d'argent présentant des surfaces égales, arrangés dans des verres égaux, et remplis de la même espèce de liquide; et il remplissait des tubes absolument semblables avec la même dissolution de potasse. Dans ces expériences, 10 paires de plaques produisaient 15 mesures de gaz; et 20 paires en fournissaient dans le même temps 49; dans d'autres, 10 paires produisaient 5 mesures, 40 paires en donnaient dans le même temps 78. Dans des expériences faites avec des arcs, et qui ne paraissaient susceptibles d'aucune objection,

	4	paires produisaient	1 mesure de gaz.
	12	paires, dans le même temps.	9 $\frac{7}{16}$.
Lorsque	6	produisaient.	1
	30	produisaient.	24,5.

Or, ces quantités sont à peu près comme les carrés du nombre de paires.

Dans les batteries dont les plaques avaient des aires égales, le pouvoir calorifique était, ainsi qu'il a été dit, comme le nombre de ces plaques. Cependant sir H. Davy trouva que la surface de chaque plaque étant de 100 pouces carrés,

10 paires mettaient en ignition 2 pouces de fil de platine d'un 80e de pouce de diamètre.
20 paires produisaient le même effet sur 5 pouces du même fil.
40 paires, sur 11 pouces, *idem*.

Les résultats d'expériences sur des nombres plus élevés ne furent pas satisfaisans; car 100 paires, chacune de 32 pouces carrés de surface, mirent à l'état d'ignition 3 pouces d'un fil de platine d'un 70e de pouce de diamètre; et 1000 paires ne produisirent cet effet que sur 13 pouces seulement. Les charges de l'acide excitant furent semblables dans l'un et l'autre de ces cas.

Le rapport entre l'augmentation de pouvoir calorifique et l'augmentation de surface des plaques est probablement plus grand même que le carré; car 20 paires de plaques, ayant chacune 2 pieds carrés de surface, n'enflammèrent pas un seizième autant de fil que 20 paires contenant chacune 8 pieds carrés, l'acide employé étant de la même force dans les deux cas : mais, dans des expériences sur des batteries d'une grande étendue et d'un pouvoir énergique, il se présente de grandes difficultés pour en assurer l'exactitude.

Dans la grande leçon bakérienne de sir H. Davy, sur les actions de l'électricité, publiée *Phil. Trans.* pour 1807, et qui lui mérita le prix institué sur ce sujet par Bonaparte, que lui décerna l'Institut national de France, ce savant démontra amplement

que les acides, qui sont négativement électriques relativement aux alcalis, aux métaux et aux terres, sont séparés de ces corps, dans le circuit voltaïque, au pôle positif; et que les alcalis, les métaux et les terres sont séparés des acides à la surface négative. Il fit voir en outre que les pouvoirs attractifs de ces surfaces sont tels, que les acides sont transportés à travers des dissolutions alcalines, et les alcalis, à travers des dissolutions acides, aux pôles où ils ont leurs points de repos. Ce phénomène était rendu sensible au moyen de trois coupes d'agate, contenant, l'une du sulfate de potasse, l'autre de l'acide nitrique faible, et la troisième de l'eau distillée. Ces trois coupes, réunies par de l'asbeste humectée d'eau pure, étaient disposées, dans leur arrangement respectif, de manière que la surface de l'acide était plus basse que celle du liquide dans les deux autres coupes. Lorsqu'on introduit deux fils de platine, tenant à un appareil voltaïque puissant dans les deux coupes extrêmes, la dissolution du sulfate de potasse étant électrisée positivement, une décomposition a lieu; et, au bout d'un certain temps, une portion de potasse fut trouvée dissoute dans la coupe en contact avec le fil négatif, quoique la liqueur, dans le milieu de la coupe, fût encore sensiblement acide.

Telle est la puissance chimico-analytique d'électricité, que même les composés insolubles ne sont pas capables de résister à son énergie; car, même le verre, le sulfate de baryte, le spath fluor, le gypse, le marbre, etc., étant humectés et placés en contact avec les surfaces rendues électriques par un appareil voltaïque, en éprouvent une action sensible, et la matière alcaline, terreuse ou acide, est lentement transportée aux pôles dans l'ordre ordinaire. L'aggrégation la plus solide, les corps dont la composition est la plus ferme, sont forcés de céder à ce mode d'attaque. Cette puis-

sance agit lentement; mais les résultats sont certains, et son effet est de résoudre plus tôt ou plus tardivement les corps en formes plus simples de matière.

Jusqu'à l'époque où sir H. Davy eut établi la grande loi de décomposition électro-chimique, que les métaux, les corps inflammables, les terres et les oxides sont déterminés à se porter à la surface négative ou pôle négatif, et l'oxigène, le chlore, l'iode et les acides au pôle positif, on s'était imaginé que l'eau pure pouvait donner naissance, par le moyen de l'électricité, à diverses substances, telles que la potasse, la soude et l'acide muriatique. Une investigation rigoureuse des circonstances sous l'influence desquelles ces substances manifestaient leur présence le porta à découvrir qu'elles étaient toujours fournies par les vaisseaux ou par des impuretés dans l'eau, et cette recherche le mit en état de déterminer les principes généraux de décomposition électrique, et d'appliquer cette puissance à la résolution en leurs élémens de plusieurs espèces de corps dont la nature était inconnue, savoir, les alcalis, les terres, les acides borique et muriatique, etc.

La relation intime entre les changemens électriques et chimiques est évidemment la même dans les phénomènes généraux de la batterie. Les combinaisons voltaïques les plus puissantes sont formées par des substances qui agissent chimiquement et avec le plus d'énergie les unes sur les autres. Celles de ces substances qui n'éprouvent pas de changemens chimiques dans ces combinaisons ne manifestent point de pouvoirs électriques. C'est ainsi que le zinc, le cuivre et l'acide nitrique forment une batterie puissante; tandis que l'argent, l'or et l'eau, corps qui n'ont point d'action chimique l'un sur l'autre, ne produisent pas d'effet sensible dans des suites du même nombre. Ces

circonstances induisirent à croire, dans l'enfance de la recherche galvanique, que les phénomènes électriques étaient entièrement les résultats de changemens chimiques; et que de même que la chaleur était produite par action chimique dans des circonstances ordinaires, de même aussi l'électricité résultait de la chaleur dans d'autres circonstances.

Cette généralisation cependant semble être inexacte. Le zinc et le cuivre, différens métaux et l'acide oxalique, différens métaux et le soufre ou charbon, manifestent des effets électriques après un simple contact, et cela dans des cas où le plus léger changement chimique ne se fait pas observer. A la vérité, si dans ces expériences, les phénomènes chimiques sont produits par l'action de menstrues, tous les effets électriques cessent aussitôt.

La source d'action de l'appareil voltaïque semble avoir une origine semblable aux causes qui produisent l'accumulation dans la bouteille de Leyde, c'est-à-dire l'influence à distance, ou induction électrique, dont il a été amplement traité au commencement de cet article; mais son action continue comme dans l'appareil électromoteur, se lie à la décomposition des menstrues chimiques entre les plaques. Dans la première place, chaque plaque de zinc est rendue positive, et chaque plaque de cuivre négative, par contact; et toutes les plaques sont arrangées entre elles dans un ordre relatif tel, qu'elles ont leurs électricités exaltées par induction, de manière que chaque arrangement polaire simple rehausse l'électricité de chaque autre arrangement polaire; et il s'ensuit que l'accumulation de pouvoir ou l'intensité doit s'accroître avec le nombre des suites. Lorsque la batterie est réunie dans un circuit, les effets sont démontrés par sa continuelle manifestation d'actions chimiques, et

les pouvoirs existent pendant aussi long-temps qu'il y a un menstrue quelconque à décomposer. Mais, lorsque la batterie est isolée, et que les pôles extrêmes de zinc et de cuivre ne sont pas réunis, on n'aperçoit plus aucun effet quelconque se produire, aucun changement chimique avoir lieu, et la batterie ne manifeste plus son influence qu'en communiquant de très faibles charges à l'électromètre, le zinc qui termine le pôle donnant une charge positive, et le cuivre terminant l'autre pôle une charge négative.

Une belle expérience de sir H. Davy prouve que chaque plaque du métal le plus oxidable dans l'appareil est dans le rapport de l'électricité positive, et chaque plaque du métal le moins oxidable dans le rapport de l'électricité négative, tandis que chaque suite jouit d'une polarité semblable et égale. Quarante verges ou baguettes de zinc, de la même dimension, réunies avec quarante fils d'argent exactement semblables, furent introduites, suivant l'ordre régulier, dans quarante verres également semblables, remplis avec une dissolution de muriate d'ammoniaque rendue légèrement acidulée par de l'acide muriatique. Pendant tout aussi long-temps que les parties extrêmes restaient sans être réunies, il ne se dégageait pas de gaz de l'argent, et le zinc était à peine attaqué. Lorsque les extrémités étaient réunies, les plaques de zinc étaient toutes beaucoup plus rapidement dissoutes, et il se dégageait du gaz hydrogène de chaque plaque d'argent. Dans une autre expérience où plusieurs de ces fils, à égales distances, furent introduits dans de petits tubes de verre, on reconnut qu'il se produisait des quantités égales de gaz hydrogène.

Il n'y a d'autres liquides connus que ceux contenant de l'eau, qui puissent servir de milieu de connexion entre les métaux, ou un métal de

l'appareil voltaïque ; et il est probable que le pouvoir de l'eau pour recevoir de doubles polarités, et pour dégager l'oxigène et l'hydrogène, est nécessaire à l'action constante de l'appareil réuni. On peut supposer aussi que des acides ou des corps salins augmentent l'action en fournissant des élémens qui ont des électricités opposées entre elles, lorsqu'elles sont réciproquement excitées. L'action des menstrues chimiques expose continuellement de nouvelles surfaces de métal; et l'on peut concevoir que l'équilibre électrique a lieu en conséquence de ce qu'il est alternativement détruit et rétabli; les changemens s'effectuent dans des portions imperceptibles de temps.

On peut faire voir, par une expérience très simple, de quelle manière les fluides aqueux propagent la polarité électrique. Après avoir coupé des filamens étroits d'étain en feuille en longueurs de près d'un demi-pouce, placez-les en ligne sur la surface d'une cuve oblongue d'eau. En plongeant dans l'eau, à chaque extrémité, des fils réunis avec les deux extrémités d'une batterie voltaïque active, les filamens métalliques acquerront aussitôt de la polarité, leurs pôles positif et négatif deviendront régulièrement opposés l'un à l'autre, le premier déposant de l'oxide, et l'autre dégageant de l'hydrogène. Ici, l'analogie avec les actions magnétiques est complète.

La relation entre la décomposition des agens chimiques et les énergies de la pile est évidente, d'après toutes les expériences qui ont été faites à ce sujet. Il n'a point été formé d'objection solide à la théorie, que le contact des métaux détruit l'équilibre électrique, et que les changemens chimiques le rétablissent, et que, par conséquent, l'action existe aussi long-temps que les décompositions continuent.

Volta donna le nom d'*appareil électromoteur* à son admirable invention, en établissant sa théorie de-

l'action de cet appareil d'après les idées de Franklin sur le fluide électrique, pour lequel certains corps ont des attractions plus fortes que d'autres. Il concevait que, dans sa pile, la plaque supérieure de zinc attire l'électricité du cuivre, et le cuivre, de l'eau. L'eau l'attirait à son tour de la plaque de zinc venant immédiatement après, cette plaque de zinc de la plaque de cuivre voisine, et ainsi de suite.

Cette hypothèse s'applique heureusement à la plupart des phénomènes de l'action de la pile isolée et de la pile réunie, soit par ses extrémités, soit avec le sol : mais elle n'explique pas avec la même facilité les pouvoirs de l'appareil réuni en un circuit, dans lequel on peut supposer que chaque plaque de zinc a la même quantité d'électricité que chaque plaque de cuivre; car le zinc ne peut recevoir, ainsi que sir H. Davy l'observe avec raison, qu'autant que le cuivre peut donner, à moins, en effet, que l'on considère les phénomènes de l'appareil circulaire comme dépendans de la circulation continuelle et rapide de la quantité naturelle d'électricité dans les différentes suites; ce qui exige la preuve qu'il existe un pouvoir constant d'attirer l'électricité d'un corps, en même temps qu'elle est transmise à un autre. Mais les recherches de Coulomb et de M. Poisson, dont on a déjà présenté le détail, démontrent pleinement que l'électricité n'est pas distribuée, parmi les différentes espèces de matière, en vertu d'aucune sorte quelconque d'attraction élective.

Le platine se fond avec plus de facilité au pôle positif qu'au pôle négatif, lorsqu'il est réuni avec du charbon; mais, avec l'acide sulfurique, il devient seulement rouge de feu, lorsqu'il est négatif et l'acide positif. Dans l'effet calorifique en général, c'est le charbon qui est le plus facilement mis à l'état d'ignition; viennent ensuite le fer, le platine, l'or, puis le cuivre, et finalement le zinc.

DU MAGNÉTISME.

On désigne par le nom de *fluide magnétique*, la cause qui donne à un aimant soit naturel, soit artificiel, la propriété de se diriger, d'un côté, vers le pôle nord, et de l'autre vers le pôle sud; de s'incliner vers le premier de ces pôles dans l'hémisphère boréal, et vers le second dans l'hémisphère austral, et de ne pencher d'aucun côté dans certains lieux qui forment ce qu'on appelle l'*équateur magnétique;* d'attirer, par sa partie tournée vers le nord, la partie d'un autre aimant tournée vers le midi, et de repousser, au contraire, la partie sud de cet aimant; mais l'examen de ces propriétés, quel que soit le grand intérêt qu'elles présentent, appartenant tout entier à la physique, nous nous bornerons ici à parler de la découverte de M. J. Chr. OErsted, professeur de physique à l'université de Copenhagne. Ce savant physicien annonça pour la première fois, en 1820, que l'aiguille aimantée changeait de direction par l'influence de l'appareil voltaïque; que cet effet avait lieu lorsque le circuit était formé, et non lorsqu'il était interrompu.

M. Ampère, membre de l'Académie des Sciences de l'Institut, s'empressa de s'occuper de diverses expériences à ce sujet, dans la seule vue, d'abord, de compléter le travail du professeur danois; mais bientôt il découvrit lui-même qu'une autre portion du circuit voltaïque exerçait, sans la présence d'aucun aimant, une autre sorte d'action sur le fil métallique, au moyen duquel ce circuit est établi. La connaissance de ce fait conduisit M. Ampère à plusieurs autres observations, dont il donna successivement communication à l'Académie des Sciences, ainsi que des conséquences qu'il en déduisit, et dont le but général est d'établir l'identité de l'électricité et du magnétisme.

DES CORPS PONDÉRABLES.

Après avoir étudié, comme il convenait de le faire, les quatre corps impondérables, nous allons nous occuper de l'examen des corps pondérables simples et composés.

DE L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

L'air atmosphérique, ou l'atmosphère, est ce fluide élastique, transparent, invisible, sans odeur, ni saveur, pesant et compressible, qui environne la terre et l'enveloppe de tous côtés à une hauteur qui ne nous est pas connue, mais qu'on a évaluée être d'environ 15 à 16 lieues. C'est à la *transparence* de cette atmosphère que nous devons toutes les jouissances que nous procurent les points de vue si variés que nous offre l'aspect de la terre.

Si après avoir introduit une très petite quantité d'air atmosphérique dans une vessie, on la lie par le haut, et qu'on la place ensuite sous le récipient d'une machine pneumatique, on la verra se gonfler par degrés à mesure qu'on fera le vide, jusqu'à ce qu'elle ait atteint toute la dimension qu'elle est susceptible d'acquérir. Cet effet est dû à *l'élasticité* de la petite quantité d'air renfermé dans la vessie, qui se dilate ainsi en raison de ce que la pression atmosphérique est diminuée. Une pomme ridée, mise également sous le récipient de la machine pneumatique, devient lisse et unie par la même raison.

L'air atmosphérique peut être comprimé jusqu'au 128e de son volume ordinaire; et il ne paraît pas douteux que si l'on pouvait se procurer un appareil d'une force suffisante, on opérerait cette compression à un degré encore plus grand; mais cet effet de l'air atmosphérique étant dû à son élasticité, il reprendrait son premier volume

dès que le pouvoir comprimant aurait cessé d'agir. M. de Saussure fit usage, pour indiquer l'élasticité de l'air, d'un instrument auquel il donna le nom de *manomètre*. Cet instrument consistait en un baromètre renfermé dans un ballon bien luté, et qui, placé ainsi, ne pouvait être sensible qu'à l'élasticité de l'air contenu dans l'intérieur de ce ballon. On suppose généralement aujourd'hui, que l'air doit son élasticité au *calorique*, et que s'il venait à en être entièrement dépouillé, il perdrait sa forme élastique.

On peut se faire une idée de *l'expansibilité* de l'air, en tenant sur le feu le col d'une vessie contenant une petite quantité d'air et fortement liée par le haut; cette vessie se gonfle par la raréfaction de l'air qui y est renfermé, et sur lequel la chaleur produit cet effet.

La dilatation, ou expansion que les corps éprouvent par une élévation donnée de température, est beaucoup plus considérable dans les fluides élastiques que dans les liquides.

La pression de l'atmosphère peut se démontrer par les deux expériences très simples qui suivent : 1°. si l'on recouvre avec une carte un verre à boire *rempli* d'eau, et qu'alors on renverse le verre, l'eau ne s'échappera pas, la pression de l'atmosphère sur la partie extérieure de la carte étant suffisante pour soutenir l'eau; 2°. si, après avoir renversé une cloche de verre sur une capsule contenant un peu d'eau, on place sous la cloche une bougie allumée, à mesure que cette bougie consume de l'air que renferme la cloche, sa pression sur l'eau qui est immédiatement au-dessous diminue, tandis que la pression de l'atmosphère sur l'eau du vase en dehors de la circonférence de la cloche, restant la même, elle force une partie de l'eau de ce vase d'entrer dans la cloche, pour y prendre la place de l'air, que la bougie a consumé.

On ne peut évidemment dans ce cas attribuer à aucune autre cause que celle de la pression de l'atmosphère l'ascension dans l'intérieur de la cloche d'une partie de l'eau au-dessus de son niveau.

Si les vaisseaux dans les animaux et les végétaux n'étaient pas comprimés par la pression de l'atmosphère, les fluides élastiques contenus dans les plus petits de ces vaisseaux en opéreraient inévitablement la rupture, et la cessation de la vie des animaux s'ensuivrait. On ne doit pas s'étonner que des personnes de constitutions délicates soient en général fortement affectées par un changement de température, quand on considère que souvent, dans le cours de quelques heures, il s'opère un accroissement ou une diminution sensible dans le poids de la pression atmosphérique: la pression *intérieure* des fluides circulans restant la même. Si l'on évalue la surface du corps de l'homme à 1,40 mètre carré, ce qui se rapproche de la vérité, il soutient une masse d'air au-dessus de lui du poids d'environ 13700 kilogrammes; mais il faut remarquer que ce poids presse par le haut, par le bas, et latéralement en tous sens; et c'est à raison de cette pression égale de tous côtés que nous n'éprouvons aucune incommodité du poids si considérable de l'atmosphère.

Lorsque je tiens ma main dans l'air, je ne sens aucun poids, parce que la pression au-dessus et au-dessous de ma main est égale; mais si je pose ma main sur un cylindre creux, de verre, mis sur le plateau d'une machine pneumatique, et qu'on retire l'air de ce cylindre, alors je sens aussitôt quelque chose qui presse avec tant de force ma main sur le verre, que je ne peux l'en détacher. Cet effet résulte de ce que n'ayant plus de pression sous ma main, une colonne d'air de la hauteur de l'atmosphère presse de tout son poids sur elle: Il

faut donc que l'air soit rendu sous ma main dans le cylindre pour que je puisse l'enlever de dessus.

La pesanteur de l'air fut découverte par Galilée en 1640, et mise depuis hors de doute par Toricelli et Pascal; Galilée ayant pesé successivement le même vase plein d'air non comprimé et plein d'air comprimé, il trouva que le poids du vase était moindre dans le premier cas que dans le second, et il en conclut que l'air était pesant. Cette expérience eût pu suffire pour constater cette propriété de l'air; mais le hasard procura bientôt à Toricelli l'occasion d'en faire une qui, répétée et variée par Pascal, ne laissa rien à désirer. Des fontainiers de Florence ayant voulu élever de l'eau dans des corps de pompe à plus de 32 pieds, consultèrent Galilée sur l'impossibilité où ils étaient d'y parvenir. Toricelli, disciple de Galilée, réfléchissant sur le phénomène, en découvrit bientôt la cause : il pensa qu'il était dû à la pression de l'air, et que cette pression ne pouvait faire équilibre qu'à une colonne de trente-deux pieds d'eau. Pour le démontrer, Toricelli fit l'expérience suivante, qui date de 1643, trois ans après que Galilée eut reconnu la pesanteur de l'air. Toricelli prit un tube de verre de 30 et quelques pouces de long, qu'il scella hermétiquement à l'une de ses extrémités; il remplit ce tube de mercure, après quoi ayant fermé avec le doigt l'autre extrémité du tube, et l'ayant renversé, il le plongea dans un bain de mercure et le déboucha. Tout à coup le mercure descendit jusqu'à un certain point, remonta et oscilla pendant quelque temps, et se fixa à 28 pouces environ au-dessus de la surface du bain; alors, observant que le mercure s'élevait 13 fois 568 moins que l'eau, mais qu'il était 13 fois 568 plus pesant, il ne douta plus que la cause qui produisait l'élévation de l'eau ne fût la même que

celle qui produisait l'élévation de mercure, et ne fût autre chose que la pesanteur de l'air.

Il s'ensuivait que le mercure et l'eau devaient moins s'élever au-dessus de leur niveau sur la cime qu'au pied des montagnes, puisque, dans le premier cas, la couche d'air comprimante était moindre que dans le second. Cette conséquence n'avait point échappé à Pascal, et après avoir répété l'expérience de Toricelli dans les mêmes circonstances où Toricelli lui-même l'avait faite, il pria son ami Perrier de la répéter sur le Puy-de-Dôme : elle eut tout le succès qu'on pouvait en espérer : la colonne de mercure descendait d'autant plus qu'on s'élevait, et s'élevait d'autant plus qu'on descendait. Ce résultat détruisit jusqu'aux plus légères objections contre la pesanteur de l'air, et l'on fit bientôt du tube de Toricelli l'instrument connu sous le nom de *baromètre*, dont on se sert pour mesurer cette pesanteur. La pression de l'air n'est pas toujours la même : à Paris, le baromètre descend quelquefois jusqu'à 70 centimètres; d'autres fois, il s'élève jusqu'à 79 centimètres. Nous ignorons la cause de ce phénomène; mais nous savons que cette cause, quelle qu'elle soit, a une grande influence sur le beau et le mauvais temps; il pleut presque toujours quand le baromètre est très bas; il fait presque toujours beau quand il est très haut : aussi le consulte-t-on sans cesse pour prévoir l'état de l'atmosphère.

Une colonne d'air de la plus grande hauteur de l'atmosphère fait équilibre à une colonne d'eau de 32 pieds (10^{m},390) ou à une colonne de mercure de 28 pouces (760 millimètres) d'élévation ; il en résulte que, dans la pompe, l'eau ne peut s'élever au-delà de 10,390 mètres, ni le mercûre, dans le baromètre, au-delà de 760 millimètres. L'air commun, ou l'air atmosphérique, fut considéré pendant bien des siècles comme un élément

ou substance simple : c'est aux travaux de ceux des savans qui ont fait faire à la chimie des progrès si rapides dans les quarante dernières années du dix-huitième siècle, qu'on doit la connaissance de ses parties composantes ; et c'est particulièrement par les expériences de Schécle et de Lavoisier qu'il fut bien établi que ces parties composantes étaient les gaz *oxigène* et *azote*.

Lorsque la composition de l'atmosphère eut été ainsi reconnue des physiciens, il devenait d'une grande importance de déterminer la proportion de ces deux principes dans sa composition, et de s'assurer si, dans tous les cas, elle est la même; ils s'accordèrent à la considérer comme susceptible de variation dans sa proportion d'oxigène, à différens temps et en différens lieux, et à faire dépendre de cette variation la pureté ou les qualités nuisibles de l'air. Ce fut donc alors un objet du plus grand intérêt que la recherche d'une méthode facile de détermination de la quantité réelle d'oxigène contenue dans une portion donnée d'air : il en fut en conséquence proposé plusieurs, fondées sur la propriété que beaucoup de corps ont d'absorber l'oxigène de l'air, sans avoir d'action sur l'azote. On mêlait ces corps avec une certaine quantité connue d'air atmosphérique, dans des vaisseaux de verre gradués renversés sur l'eau, et l'on déduisait la proportion de la diminution de volume. Ces instrumens reçurent le nom d'*eudiomètres*, parce qu'on les considéra comme servant à mesurer la pureté de l'air.

Il n'y eut pas moins de quatre espèces de ces instrumens, proposés et employés par différens chimistes.

Les eudiomètres de la première espèce, dont firent usage Priestley et Fontana, Cavendish, Dalton et Davy, consistaient dans du gaz nitreux, avec quelques modifications dans son emploi.

La seconde espèce d'eudiomètre, imaginée d'abord par Schécle, et perfectionnée depuis par de Marthy, est tout simplement un vase de terre gradué, contenant une quantité donnée d'air, qu'on soumet à l'action de sulfures alcalins ou terreux liquides nouvellement préparés, ou à un mélange de limaille de fer et de soufre mis à l'état de pâte avec de l'eau. De Marthy substitua avec succès au mélange de limaille de fer et de soufre l'emploi de sulfures hydrogénés, obtenus en faisant bouillir ensemble du soufre et de la potasse liquide ou de l'eau de chaux.

La troisième espèce d'eudiomètre fut proposée par Volta. C'est par le gaz hydrogène qu'il opérait la séparation de l'oxigène dans l'air dont il voulait reconnaître le degré de pureté. Sa méthode consistait à introduire dans un tube de verre gradué, des mélanges, en proportions données, de gaz hydrogène et de l'air à essayer, et à les enflammer ensuite par l'étincelle électrique; il jugeait de la pureté de l'air par le volume du résidu.

Dans la quatrième espèce d'eudiomètre, l'absorption de l'oxigène de l'air s'opère par le moyen du phosphore. Berthollet avait donné un dernier degré de perfectionnement à cet eudiomètre, dans l'emploi duquel on avait, avant lui, recours à la combustion rapide du phosphore, en laissant brûler spontanément cette substance dans l'air, dont il absorbe ainsi complètement l'oxigène; et si l'on opère sur une petite quantité d'air, l'effet a lieu dans un espace de temps très court. Tout consiste dans un tube de verre étroit et gradué, contenant l'air dont on veut faire l'essai. On y introduit un cylindre de phosphore fixé sur une tige de verre, et le tube est tenu renversé sur l'eau. Le cylindre de phosphore doit être assez long pour traverser à peu près tout l'air contenu dans le tube. Il s'élève immédiatement du phosphore des va-

peurs blanches qui remplissent le tube. Elles continuent de s'exhaler ainsi jusqu'à ce que l'oxigène se soit combiné en totalité avec le phosphore. Il résulte de cette combinaison, de l'acide phosphorique, qui, à raison de son poids, gagne la partie inférieure du vaisseau, et qui est absorbé par l'eau. Le résidu ne consiste plus que dans le gaz azote de l'air, tenant en dissolution une portion de phosphore qui, ainsi que s'en est assuré Berthollet, augmente son volume des 0,025. Par conséquent, le volume du résidu, diminué des 0,025, donne le volume du gaz azote de l'air analysé; en retranchant ce volume de celui primitif de la masse d'air essayé, on a la proportion du gaz oxigène contenu dans cet air.

Les différentes expériences faites avec cet eudiomètre s'accordent toutes dans leur résultat, et elles indiquent constamment que les proportions des parties constituantes de l'air sont toujours les mêmes, savoir : environ 0,21 de gaz oxigène, et 0,79 de gaz azote. Cette proportion entre les parties constituantes de l'air est constante dans tous les lieux et à toutes les hauteurs. Suivant sir Humphry Davy, de l'air atmosphérique pris en Europe, dans l'Asie, l'Afrique et l'Amérique, diffère très peu dans sa composition. M. Gay-Lussac a pris de l'air à une élévation de plus de 6400 mètres au-dessus de Paris, et il a trouvé qu'il était précisément composé de la même manière que celui pris à la surface de la terre.

Mais 210 centimètres cubes de gaz oxigène pèsent 281 milligrammes, et le poids de 790 centimètres cubes de gaz azote est de 925 milligrammes; en réunissant ces deux quantités, on aura, pour le poids de 1000 centimètres cubes (un décimètre cube) d'air atmosphérique 1,206^{gr}.

L'air atmosphérique, qui est un mélange de deux substances distinctes, l'oxigène et l'azote mis à

l'état de gaz par le calorique, contient également une portion de gaz acide carbonique, dont la proportion, estimée autrefois à un pour cent, a été depuis reconnue par Dalton ne pas s'élever à plus de un pour mille. Et comment l'air atmosphérique ne contiendrait-il pas cet acide, qui est l'un des produits de la respiration, de la décomposition putride, de la combustion des bois et du charbon? Mais on démontre sa présence dans l'atmosphère en y exposant huit à dix litres d'eau de chaux dans un bocal; on agite de temps en temps la dissolution pour briser les pellicules qui se forment à la surface de la liqueur; et au bout de vingt-quatre heures, on obtiendra un dépôt de carbonate de chaux assez considérable pour qu'il soit possible d'en retirer une quantité très sensible de gaz acide carbonique; or, ce gaz n'a pu être fourni ni par le bocal, ni par l'eau de chaux, qui n'en contiennent pas : il n'a donc pu provenir que de l'air.

Il a été reconnu que le gaz acide carbonique existe dans l'air atmosphérique, non seulement près de la surface de la terre, mais encore aux plus grandes hauteurs au-dessus d'elle. M. de Saussure en trouva dans l'air au sommet du Mont-Blanc.

On ne peut douter de l'existence de l'eau dans l'air; elle s'y vaporise et s'en précipite presque continuellement; elle tombe des nuages, pénètre à travers le sol, se rassemble dans des cavités souterraines, d'où elle sort pour former les sources, les rivières, les mers, se vaporiser de nouveau, et se précipiter encore. La température s'élève-t-elle, l'atmosphère acquiert la propriété de recevoir une nouvelle quantité de vapeur; éprouve-t-elle, au contraire, un refroidissement subit, bientôt la pluie se manifeste.

D'après une évaluation moyenne, l'air atmosphérique contient environ un pour cent d'eau à l'état de vapeur élastique; et il est à remarquer

que l'union de la vapeur aqueuse à l'air atmosphérique produit une augmentation dans son volume, et que l'air humide est toujours spécifiquement plus léger que l'air sec.

DE L'EAU.

L'eau est ce liquide répandu avec tant d'abondance sur toutes les parties de la surface du globe, et d'une nécessité indispensable à l'existence des animaux et des végétaux. Il suffit de distiller ce liquide pour l'avoir pur; et dans cet état il est transparent, inodore, insipide, élastique, susceptible de transmettre les sons et de mouiller la plupart des corps.

L'eau existe dans les quatre états, de solide ou glace, de liquide ou eau, de vapeur, et dans l'état de combinaison avec d'autres corps. L'état de glace est celui le plus simple de l'eau, parce qu'alors elle contient moins de calorique que dans son état d'eau. Dans son état de vapeur, c'est de l'eau combinée avec une quantité additionnelle de calorique.

L'eau est formée d'oxigène et d'hydrogène dans les proportions de 88 parties 29 d'oxigène et de 11,71 parties d'hydrogène en poids, ou de un volume de gaz oxigène et de deux volumes de gaz hydrogène. C'est, jusqu'à présent, le seul oxide d'hydrogène qui nous soit connu. On prouve que telle est la nature et la proportion des deux principes constituans de l'eau, soit par l'analyse, soit par la synthèse.

Plusieurs chimistes des plus distingués, parmi lesquels on peut citer Macquer, en 1776, Lavoisier et Bucquet, en 1777, Cavendish et le docteur Priestley, en 1781, s'occupèrent successivement d'expériences intéressantes sur la composition de l'eau, et sur la détermination de ses principes constituans en gaz hydrogène et en gaz oxigène.

Ce fut dans l'été de 1781 que Henri Cavendish, s'occupant d'examiner ce que devient l'air perdu par la combustion, entreprit ces expériences dans lesquelles il brûla 32375 kilogrammes, mesure, de gaz hydrogène avec deux fois et demie cette quantité d'air commun, et en faisant passer ce mélange brûlant à travers un tube de verre d'environ deux mètres de long, il se condensa 8740 grammes d'eau pure. Cavendish fit aussi brûler dans un vaisseau fermé un mélange d'environ 1257 grammes, mesure, de gaz oxigène, et d'environ 2400 grammes de gaz hydrogène; la liqueur condensée fut reconnue contenir une petite portion d'acide nitrique, lorsque le mélange de l'air était tel que l'air brûlé contenait une proportion considérable d'oxigène. On peut, dans ce cas, présumer qu'il se combine de l'oxigène avec l'azote présent.

Le 24 juin 1783, Lavoisier et M. Delaplace répétèrent l'expérience de la combustion de l'hydrogène et de l'oxigène dans un vase de verre sur le mercure, en quantité plus grande encore que celle qui avait été brûlée par Cavendish; le résultat fut d'environ 1917 grammes d'eau pure.

Lavoisier procéda à peu près dans le même temps, avec Meunier, à une expérience qui consistait à faire traverser par de la vapeur d'eau un tube de fer rouge de feu. Il trouva que le fer était oxidé, et qu'il y avait eu dégagement d'hydrogène; et la vapeur d'eau qu'il fit traverser diverses autres substances combustibles ou oxidables produisit des résultats semblables, disparition de l'eau et dégagement d'hydrogène. Lavoisier donnait l'explication de ces expériences capitales en supposant que l'eau était décomposée en ses parties constituantes, l'oxigène et l'hydrogène, dont la première s'unit avec la substance en ignition, et dont l'autre est dégagée. Enfin la grande expérience de la décomposition de l'eau

par Fourcroy, MM. Vauquelin et Séguin, commencée le mercredi 13 mai 1790, ne fut achevée que le vendredi 22 du même mois; la combustion fut maintenue avec peu d'interruption pendant 185 heures. Les expérimentateurs ne quittèrent pas un seul moment l'appareil; ils se relevaient alternativement, lorsqu'ils étaient fatigués, pour se reposer pendant quelques heures sur des matelas dans le laboratoire. Pour obtenir le gaz hydrogène, ils firent d'abord fondre du zinc, qui fut ensuite réduit en poudre dans un mortier très chaud. Ils se servaient, pour dissoudre ce métal, d'acide sulfurique concentré, étendu de sept parties d'eau, et ils faisaient passer le gaz produit à travers l'alcali caustique.

Pour se procurer l'oxigène, ils distillèrent deux livres et demie de muriate suroxigéné de potasse cristallisé (chlorate de potasse), en faisant également passer le gaz dégagé à travers de l'alcali caustique.

Le volume du gaz hydrogène consumé fut de 25963,563 pouces cubes, dont le poids était de 1039,358 grains.

Le volume du gaz oxigène consumé fut de 12570,942 pouces cubes, pesant 6209,869 grains.

Le poids total de l'un et l'autre de ces fluides élastiques était de 7229,227 grains.

Le poids de l'eau obtenue fut de 7,245 grains, ou 12 onces 4 gros 45 grains d'eau; et par conséquent le déficit sur le poids ne fut que de 4,227 grains.

La quantité de gaz azote, avant l'expérience, était de 415,156 pouces cubes; il ne s'en est trouvé, après l'expérience, que 467, donc l'excès du gaz azote était, à la fin de l'expérience, de 51,744 pouces cubes. Cette augmentation peut être attribuée, suivant Fourcroy et M. Vauquelin, à la petite quantité d'air atmosphérique qui restait

dans les cylindres intérieurs des gazomètres à l'instant où les autres airs y avaient été introduits. Ces 51 pouces cubes en excès ne pouvaient provenir du gaz hydrogène; car il fut reconnu par l'expérience qu'il ne contenait pas du tout de gaz azote. L'eau obtenue ayant été examinée avec le plus grand soin, on lui reconnut toutes les propriétés de l'eau distillée la plus pure, et sa pesanteur spécifique était à celle de l'eau distillée comme 186,71 est à 186,70.

La décomposition de l'eau se démontre le mieux en enflammant dans l'eudiomètre un mélange de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxigène : les deux gaz disparaissent en totalité, et il en résulte de l'eau pure.

Le litre d'eau pure, mesure contenant un décimètre cube de ce liquide, pèse un kilogramme; ce poids du litre ou décimètre cube d'eau est environ 825 fois plus considérable que celui d'une mesure semblable d'air atmosphérique.

L'atmosphère, lorsque sa température est suffisamment abaissée, enlève à l'eau une certaine portion de son calorique; alors une cristallisation s'ensuit, l'eau se solidifie et devient glace. Près des pôles, l'eau est éternellement solide; elle y existe dans un état semblable à celui des roches les plus dures.

Il faut que la glace à zéro absorbe au-delà de 77 degrés centigrades de calorique pour devenir fluide, ou une quantité de calorique telle qu'elle suffirait pour qu'un volume égal d'eau l'élevât de zéro à 77 degrés centigrades : c'est ce dont on peut s'assurer au moyen d'un thermomètre. Après avoir mêlé ensemble des poids égaux de glace ou de neige à zéro et d'eau chauffée à 77 degrés centigrades, la glace ou la neige fondent à l'instant, et la température du mélange n'est encore qu'à zéro. Dans ce cas, cependant, l'eau s'est refroidie de 77 degrés

centigrades, tandis qu'il n'y a eu aucune augmentation dans la température de la glace ou de la neige; de manière que 77 degrés centigrades de calorique ont disparu. Cette quantité de calorique a dû s'être combinée avec la glace ou la neige, mais elle n'a pu suffire qu'à la faire fondre sans produire d'augmentation dans sa température; d'où il suit irrésistiblement que la glace ou la neige, lorsqu'elle est convertie en eau, a absorbé 77 degrés centigrades de calorique, et s'y est combinée. Ainsi, l'eau refroidie à zéro ne peut se congeler qu'autant qu'elle aura perdu 77 degrés centigrades de calorique; et la glace, après avoir été amenée à zéro, qui est le terme exact de la congélation, ne peut fondre jusqu'à ce qu'elle ait absorbé 77 degrés centigrades de calorique. On ne peut donc plus douter alors que l'eau ne doive sa fluidité à son calorique latent, et que son calorique de fluidité ne soit de 77 degrés centigrades.

De l'eau tenue en ébullition pendant tout aussi long-temps que ce puisse être dans un vaisseau ouvert, ne peut acquérir le plus petit degré de chaleur au-delà de celui auquel elle a commencé à bouillir, ou de 100 degrés centigrades; lorsqu'elle est parvenue à ce point, la vapeur absorbe le calorique et l'entraîne à mesure qu'il s'en développe. Cependant la continuation de la chaleur, jointe à une pression additionnelle, peuvent augmenter considérablement et l'expansibilité et la température de la vapeur. C'est à raison de la grande quantité de calorique qu'exige la conversion des liquides en vapeur que l'évaporation produit du froid. Lorsqu'on jette de l'eau sur des corps chauds, cette eau est à l'instant convertie en vapeur, et elle enlève ainsi à ces corps une grande portion du calorique qu'ils contiennent.

On a supposé que les terribles effets de quelques éruptions de volcans et de tremblemens de terre

étaient produits par ce prodigieux pouvoir de la vapeur, l'eau de la mer parvenant à se frayer une issue dans des feux souterrains.

C'est à la force expansive de la vapeur de l'eau qu'il faut attribuer le mouvement bien connu sous le nom d'ébullition qui s'établit dans l'eau ; il est occasionné par le passage à travers l'eau de la vapeur, qui se forme d'abord au fond du vaisseau.

On connaît aujourd'hui quel parti avantageux on est parvenu à tirer, dans ces derniers temps, surtout pour les arts, les manufactures et la navigation, du moyen de la force de la vapeur de l'eau.

DES TERRES.

Le mot *terre* a, dit le docteur Thomson, dans le langage ordinaire, deux significations. On s'en sert quelquefois pour désigner le *globe* que nous habitons, et d'autres fois on l'emploie en parlant du *moule* ou enveloppe terreuse sur laquelle croissent les végétaux. Les chimistes ont examiné cette enveloppe terreuse qui produit la végétation, et ils ont trouvé qu'elle contient un grand nombre de substances différentes mêlées ensemble sans ordre et sans régularité. Elle est, cependant, ainsi que les pierres, qui paraissent former une si grande portion du globe, composée, en majeure partie, d'un petit nombre de corps qui ont beaucoup de leurs propriétés communes : ce sont ces corps que les chimistes classèrent autrefois entre eux sous la dénomination de *terres*.

On a divisé ces terres, que, depuis, on a bien reconnu être des oxides métalliques, en deux classes, savoir : LES TERRES ALCALINES, et LES TERRES PROPRES ; les terres de la première classe ont la propriété de verdir les couleurs bleues végétales, et de neutraliser les acides ; celles de la seconde

classe n'ont la faculté de produire ni l'un ni l'autre de ces effets.

LES TERRES ALCALINES sont au nombre de quatre, savoir : LA CHAUX, LA BARYTE, LA STRONTIANE, LA MAGNÉSIE.

Chaux.

On se procure ordinairement la chaux, pour les opérations de chimie, du marbre de l'espèce la plus blanche, ou du spath calcaire, par une longue exposition de ces corps à une forte chaleur rouge. C'est une substance blanche médiocrement dure, d'une pesanteur spécifique de 2,3. Elle exige, pour sa fusion, un degré intense de chaleur, et l'on n'est point encore parvenu à la volatiliser; sa saveur est caustique, astringente et alcaline; elle est soluble dans 450 parties d'eau, suivant sir Humphry Davy, et, selon d'autres chimistes, dans 760 parties; la dissolubilité n'est point augmentée par la chaleur. Si l'on arrose d'un peu d'eau seulement de la chaux récemment faite, cette eau est rapidement absorbée avec développement de beaucoup de chaleur et dégagement de vapeur. Cet effet est ce qui constitue le phénomène appelé extinction de la chaux. La chaleur provient, suivant l'explication qu'en donne le docteur Black, de la consolidation de l'eau liquide dans la chaux, formant un *hydrate*, ainsi qu'on appelle actuellement la chaux éteinte : c'est un composé de 3,56 parties de chaux avec 1,125 d'eau, ou à très peu près, dans le rapport de 3 de chaux à 1 d'eau. Cette eau peut en être chassée par une chaleur rouge. L'eau de chaux est astringente et un peu âcre au goût; elle change en vert les couleurs bleues végétales, les jaunes en brun, et elle rétablit la couleur pourpre ordinaire du tournesol rougi par un acide. Lorsque l'eau de chaux reste exposée à l'air, elle attire par degrés l'acide

carbonique, devient un carbonate insoluble, et l'eau de chaux n'est plus que de l'eau pure. Si l'on place de l'eau de chaux sous le récipient de la machine pneumatique où se trouve renfermée une soucoupe remplie d'acide sulfurique concentré, l'eau sera par degrés enlevée à la chaux, qui se solidifiera en petits cristaux prismatiques hexaèdres.

Baryte.

On obtient ordinairement la baryte pure, en calcinant au rouge dans un creuset couvert le nitrate de baryte pur. On se la procure à l'état d'hydrate, en ajoutant de la potasse ou de la soude caustiques à la dissolution du nitrate ou du muriate, et on peut encore l'obtenir légèrement colorée par du charbon en calcinant fortement un mélange de carbonate de baryte et de charbon réduit en poudre fine. La baryte retirée du nitrate décomposé par le feu, est d'un gris blanchâtre; elle est plus caustique que la strontiane, et peut-être même que la chaux; elle verdit l'infusion de violette, et rougit celle de curcuma. Sa pesanteur spécifique, d'après Fourcroy, est 4. Quand elle est sèche et qu'on l'arrose avec de petites quantités d'eau, elle s'éteint à la manière de la chaux, en développant peut-être un peu plus de chaleur.

Prise à l'intérieur, elle agit comme un poison violent; elle est dépourvue d'odeur.

L'eau à 10 degrés centigrades dissout un vingtième de son poids de baryte; et à 100 degrés centigrades, environ la moitié de son poids. A mesure que la dissolution se refroidit, il s'y forme des prismes hexagones, terminés à chaque extrémité par des pyramides à quatre faces; ces cristaux sont souvent attachés l'un à l'autre, de manière à imiter les feuilles de fougère; quelquefois ils se déposent sous forme cubique; ces cristaux

contiennent environ 52 pour 100 d'eau. Ce liquide, dans lequel ils se sont formés, est l'eau de baryte; elle est incolore, âcre et caustique; elle agit énergiquement sur les matières colorantes végétales rouges et jaunes exposées à l'air; elle en attire l'acide carbonique; et la baryte, tenue en dissolution, se convertit en carbonate, qui se précipite sous la forme d'une croûte blanche insoluble. Il paraît, d'après les expériences de Berthollet, que la chaleur seule ne peut pas priver de son eau l'hydrate de baryte cristallisé; après avoir été exposé à une chaleur rouge, et mis en fusion comme la potasse, il retient encore une portion de ce liquide en combinaison, quantité que Berthollet évalua être de 1,1253, eau pour 9,7 de baryte. L'hydrate de baryte fondu est un solide d'un gris blanchâtre, caustique et très dense; il se fond au feu, à une chaleur un peu au-dessous du rouge cérise; il est fixe au feu, est attire, quoique lentement, l'acide carbonique de l'atmosphère.

Strontiane.

Il y a environ quarante ans qu'un marchand de minéraux apporta à Édimbourg un fossile provenant de la mine de plomb de Strontian dans l'Argyleshire, qui fut généralement considéré comme étant un carbonate de baryte. Le minéral a été depuis trouvé près de Bristol, en France, en Sicile, et dans la Pensylvanie. Le docteur Crawford fut le premier qui remarqua quelques différences entre sa dissolution et celle du carbonate de baryte dans l'acide muriatique, et cette circonstance fit supposer que le minéral consistait dans une terre nouvelle; le docteur Hope, d'Édimbourg, était de la même opinion, et il la confirma par expériences. En 1791, Kirwan, Klaproth, Pelletier et Sulzer furent du même avis, et cette

terre nouvelle, appelée d'abord *strontite* par le docteur Hope, reçut ensuite de Kirwan le nom de *strontiane*, du lieu où elle avait été trouvée pour la première fois, et cette dénomination a été depuis généralement adoptée. L'acide carbonique peut être chassé de cette terre par une chaleur de 140 degrés de Wedgewood (1), laissant la strontiane isolée, ou bien en faisant dissoudre le minéral dans l'acide nitrique, et séparant ensuite cet acide par la chaleur.

La strontiane, dans son état de pureté, est d'un blanc grisâtre; sa saveur est piquante et âcre; et lors qu'on la pulvérise dans un mortier, la poussière qui s'en élève cause de l'irritation aux narines et aux poumons; sa pesanteur spécifique se rapproche de celle de la baryte. Elle exige audelà de 160 parties d'eau, à la température de 16 degrés centigrades pour se dissoudre; mais elle se dissout dans une proportion beaucoup moindre d'eau bouillante. Par le refroidissement de cette dissolution, elle cristallise en lames minces quadrangulaires, transparentes, qui sont généralement des parallélogrammes, d'une dimension excédant à peine 6 millimètres de long, et souvent adhérant ensemble; les bords sont le plus fréquemment avec biseau de chaque côté. Quelquefois les cristaux affectent la forme cubique; ils contiennent environ 68 d'eau; ils sont solubles dans 51,4 fois leur poids d'eau à la température de 16 degrés centigrades, et dans un peu plus de deux fois

(1) Le zéro du pyromètre de Wedgewood répond à 580°,56′ du thermomètre centigrade.

Chaque degré de variation du pyromètre de Wedgewood répond à un intervalle de 72 degrés 22 minutes 12 secondes du thermomètre centigrade; ainsi 140 degrés de Wedgewood = 580°,56′ centigrades + 72°,22 12″ centigrades, + 140 = 1700°,40′.

leur poids d'eau bouillante. Ces cristaux donnent à la flamme de l'alcool brûlant une couleur rouge de sang; la dissolution de strontiane verdit les couleurs bleues végétales.

La strontiane a de très grands rapports dans ses propriétés avec la baryte. Elle diffère de celle-ci principalement, en ce qu'elle est infusible, beaucoup moins soluble, d'une forme différente, plus faible dans ses affinités, et qu'elle n'est pas un poison.

Magnésie.

La magnésie n'ayant point encore été trouvée dans la nature à l'état de pureté, on la retire ordinairement du *sulfate de magnésie*, sel composé de cette terre et d'acide sulfurique, qui existe en abondance dans les eaux de la mer et dans celles de beaucoup de sources. L'eau de la fontaine des environs d'Epsom, en Angleterre, en est particulièrement chargée, ce qui avait fait donner autrefois au sulfate de magnésie le nom de *sel d'Epsom*. En ajoutant à une dissolution de ce sel dans l'eau la moitié de son poids de potasse, la magnésie en est immédiatement précipitée, à raison de l'affinité plus forte de l'acide sulfurique pour la potasse. On la lave alors dans une suffisante quantité d'eau, et on la fait sécher.

La magnésie ainsi obtenue est une poudre blanche, très douce au toucher, inodore, et sans saveur bien sensible; sa pesanteur spécifique est d'environ 2,3 suivant Kirwen. Elle verdit le sirop de violettes et l'infusion de chou rouge, et elle rougit la teinture de curcuma; elle est infusible, excepté quand on la soumet au chalumeau hydro-oxigène, c'est-à-dire à courant de gaz oxigène et hydrogène. Elle est presque insoluble dans l'eau, mais elle peut absorber une certaine quantité de ce liquide, avec développement de chaleur. Cette

terre, précipitée du sulfate par un alcali caustique, est à l'état d'hydrate, ou retenant en combinaison une certaine quantité d'eau, qui cependant s'en sépare à une chaleur rouge.

Elle contient environ le quart de son poids d'eau.

La magnésie exposée à l'air en attire très lentement l'acide carbonique. La magnésie ne se fond point à la chaleur la plus forte que nous puissions produire; mais M. Darcet a observé qu'à une très haute température, elle devenait en quelque sorte agglutinée. Lorsqu'après l'avoir formée en tablettes, en la pétrissant avec de l'eau, on l'expose à une chaleur violente, l'eau en est chassée par degrés, la magnésie se contracte dans ses dimensions, et l'on a annoncé qu'elle acquiert en même temps la propriété de luire dans l'obscurité lorsqu'on la frotte sur une plaque de fer chaude.

DES TERRES PROPRES OU TERRES PURES.

Les terres propres ou terres pures se distinguent des terres alcalines en ce qu'elles ne produisent aucune altération dans les couleurs bleues végétales. On range au nombre de ces terres L'ALUMINE, LA SILICE, LA GLUCINE, LA ZIRCONE, L'YTTRIA.

Alumine.

Cette terre fut appelée autrefois argile, ou terre argileuse, mais aujourd'hui qu'on la retire dans son plus grand état de pureté de l'alun, elle a reçu le nom d'alumine.

L'alumine native la plus pure se trouve dans les pierres orientales, le saphir et le rubis; elles consistent presque entièrement dans cette terre unie à une petite portion de matière colorante.

Pour obtenir l'alumine pure, on fait dissoudre de l'alun dans vingt fois son poids d'eau, et on y ajoute un peu d'une dissolution de carbonate de soude, afin de séparer le fer qui peut être présent; on verse alors la liqueur surnageante dans une certaine quantité d'ammoniaque liquide, en ayant soin de ne pas ajouter plus de dissolution d'alumine qu'il n'en faut pour saturer l'ammoniaque; celle-ci se combine avec l'acide sulfurique de l'alun, et la base terreuse est séparée sous la forme d'une masse spongieuse. Il faut ensuite la jeter sur un filtre, l'édulcorer par des effusions d'eau successives, et la faire sécher.

L'alumine ainsi préparée est blanche, pulvérulente, douce au toucher. Elle happe à la langue, et forme dans la bouche une pâte douce et sans gravier; elle est insipide, inodore, et ne produit aucun changement sur les couleurs végétales; elle est insoluble dans l'eau, mais elle se mêle avec ce liquide dans toute proportion, et en retenant une portion avec une force considérable; elle est infusible à la plus grande chaleur de nos fourneaux, qui lui font seulement éprouver une diminution de volume, et lui donnent par conséquent de la dureté; au chalumeau à double courant de gaz oxigène et hydrogène, elle se fond en petite quantité. Sa pesanteur spécifique est 2,000 à l'état de pureté, mais par l'ignition elle est augmentée.

Silice.

Si, après avoir calciné dans un creuset d'argent du quartz réduit en poudre avec trois parties de potasse pure, on fait dissoudre dans l'eau le composé fondu; et si, ajoutant alors à la dissolution une quantité d'acide convenable pour saturer la potasse, on évapore le tout à siccité, on obtiendra une poudre graveleuse, qui, après qu'elle a été

bien lavée dans l'eau chaude et ensuite calcinée, laissera la silice à l'état de pureté.

La silice ainsi obtenue est à l'état d'une poudre blanche, dont les parties les plus fines sont rudes et graveleuses au toucher. Sa pesanteur spécifique est de 2,66. Elle n'est fusible que par le chalumeau à courant de gaz hydrogène et oxigène, et elle semble être, par expérience, insoluble dans l'eau.

La silice existe presque à l'état de pureté dans le quartz transparent ou cristal de roche; elle forme aussi la principale partie constituante des cailloux.

Glucine.

Cette terre fut découverte en 1798, par M. Vauquelin, d'abord dans l'aigue marine, et ensuite dans l'émeraude; son nom est dérivé de la propriété caractéristique qu'elle a de former avec les acides des sels d'un goût sucré. M. Vauquelin préparait la glucine ainsi qu'il suit : après avoir réduit en poudre fine dans un mortier de silex, 100 parties de béril ou d'émeraude, on les fait fondre dans un creuset d'argent avec 300 parties de potasse pure. La masse étant fondue dans l'eau, on ajoute de l'acide muriatique qui la dissout. Après avoir alors évaporé la dissolution à siccité, en ayant soin de remuer sur la fin de l'opération, le résidu est mêlé avec une grande quantité d'eau, et l'on filtre la liqueur pour en séparer la silice. Après avoir ensuite précipité la liqueur filtrée par du carbonate de potasse, on lave le précipité, puis on le fait dissoudre dans l'acide sulfurique. En ajoutant alors à la dissolution une certaine quantité de sulfate de potasse, on évapore la liqueur, et il se produit des cristaux d'alun; lorsqu'il ne s'en forme plus par du sulfate de potasse, et en évaporant, on ajoute une dissolution de carbonate d'ammoniaque en excès; et après avoir bien agité

le mélange, on le laisse reposer pendant quelques heures, jusqu'à ce que la glucine ait été redissoute par l'excès de carbonate d'ammoniaque, et qu'il ne reste que l'alumine au fond du vaisseau. En évaporant alors à siccité la dissolution filtrée, on chasse l'acide du carbonate d'ammoniaque; en le calcinant légèrement dans un creuset, on obtiendra ainsi quinze à seize pour cent de glucine pure.

La glucine ainsi obtenue est une poudre blanche, douce au toucher, légère, insipide, et adhérant à la langue; elle ne fait point éprouver de changement aux couleurs bleues végétales. Elle ne se durcit, ne prend de retrait, ni ne s'agglutine par l'action de la chaleur; elle est infusible, et ne se dissout pas dans l'eau, mais elle forme avec ce liquide une pâte qui a un certain degré de ductilité. Sa pesanteur spécifique est de 2,976.

Zircone.

La zircone n'a encore été trouvée jusqu'à présent que dans le jargon de l'île de Ceylan, ou *zircon*, et dans l'hyacinthe; on peut l'en obtenir pure de la manière suivante : on fait fondre dans un creuset un mélange du minéral réduit en poudre avec trois fois son poids de potasse; on lave la masse fondue dans de l'eau pure, jusqu'à ce qu'elle en ait séparé toute la potasse. Le résidu de ce lavage est alors dissous autant que possible dans l'acide muriatique étendu. On fait bouillir cette dissolution, pour que le peu de silice qu'elle pouvait retenir l'abandonne en se déposant. On la filtre alors, et on en précipite, par un alcali caustique, la zircone à l'état de pureté.

La zircone ainsi préparée est une poudre blanche, sans saveur ni odeur, un peu rude au toucher lorsqu'on la frotte entre les doigts. Elle est insoluble dans l'eau; cependant en la faisant

sécher lentement, elle se rassemble en une masse jaunâtre transparente, semblable à de la gomme arabique qui retient le tiers de son poids d'eau. Elle est infusible au chalumeau; mais chauffée à un feu violent dans un creuset de charbon, elle acquiert une couleur grise; dans cet état de fusion imparfaite, elle a quelque chose de l'apparence de la porcelaine. Elle est alors devenue très dure, insoluble dans les acides, et d'une pesanteur spécifique de 4,3.

Yttria.

C'est le nom d'une terre nouvelle, découverte en 1794 par le professeur Gadolin, dans un minéral noir particulier, trouvé en 1787 par le capitaine Arsténius, dans le canton d'Yterby en Suède.

Le moyen le plus facile pour se procurer cette terre consiste à faire fondre le minéral avec deux parties de potasse caustique, à laver la masse avec de l'eau bouillante, et à filtrer ensuite la liqueur, qui doit être d'un beau vert. On évapore alors cette liqueur jusqu'à ce qu'il ne s'en précipite plus d'oxide de manganèse, sous la forme d'une poudre noire; après quoi le liquide est saturé avec de l'acide nitrique très étendu, qui dissoudra la terre avec beaucoup de chaleur, et laissera la silice et le fer oxidé à un haut degré, non dissous. Après avoir alors mêlé les deux liqueurs, on les évapore à siccité; en redissolvant ensuite le résidu et en filtrant, on séparera tout ce qu'il a pu laisser de silice et d'oxide de fer. En ajoutant alors quelques gouttes d'une dissolution de carbonate de potasse, on séparera la chaux qui peut être présente, et par une addition faite avec ménagement d'hydro-sulfate de potasse, on précipitera l'oxide de manganèse s'il en est resté; mais si l'on en emploie beaucoup trop, l'yttria sera également précipitée; enfin, on précipite l'yttria par de

l'ammoniaque pure; et après avoir bien lavé le précipité, on le fait sécher.

L'yttria ainsi obtenue est une poudre fine, blanche, sans saveur ni odeur; elle n'altère point les couleurs bleues végétales. Elle pèse beaucoup plus qu'aucune des autres terres, sa pesanteur spécifique étant, suivant Ekeberg, de 4,842.

L'yttria est insoluble dans l'eau, qu'elle peut cependant retenir en grande proportion, et même de presque le tiers de son poids, ainsi que Klaproth s'en est assuré. Cette terre est insoluble dans l'eau, et la plupart des acides la dissolvent.

Aux neuf substances terreuses, tant alcalines que terres propres ou pures, décrites ci-devant, M. Berzelius en a ajouté, en 1816, une dixième, à laquelle il a donné le nom de THORINE.

On peut obtenir cette terre nouvelle des minéraux qui contiennent le protoxide de cérium et d'yttria, en opérant ainsi qu'il suit : après avoir séparé le fer par le suscinate d'ammoniaque, on précipite le cérium par le sulfate de potasse, par l'ammoniaque caustique; on précipite alors ensemble la thorine et l'yttria; on fait dissoudre ce mélange dans l'acide muriatique; et après avoir fait évaporer la dissolution à siccité, on verse sur le résidu de l'eau bouillante, qui se charge de la plus grande partie de l'yttria : on dissout la partie restante du résidu dans les acides muriatique ou nitrique, et on évapore la dissolution jusqu'à ce qu'elle soit devenue neutre aussi exactement que possible. On y verse ensuite de l'eau, qu'on fait bouillir un instant; la thorine se précipite, et la dissolution contient de l'acide libre; en saturant cet acide et en faisant bouillir une seconde fois, il se produit un nouveau précipité de thorine.

La thorine, séparée par le filtre, a l'apparence d'une masse gélatineuse demi-transparente; lavée et séchée, elle devient blanche; elle se dissout dans

les acides avec effervescence; elle conserve, même après avoir été calcinée, la couleur blanche; et lorsqu'elle n'a été soumise qu'à une chaleur modérée, elle continue d'être ainsi aisément soluble dans l'acide muriatique; mais après qu'on lui a fait éprouver une chaleur violente, il faut qu'elle soit mise en digestion dans l'acide muriatique concentré pour être dissoute. Cette dissolution est jaunâtre; mais elle devient incolore lorsqu'elle est étendue d'eau. Si la thorine est à l'état de mélange avec l'yttria, elle se dissout plus aisément après avoir été chauffée.

Les dissolutions neutres de thorine ont une saveur purement astringente, qui n'est ni sucrée, ni saline, ni amère, ni métallique. Elle diffère, par cette propriété, de toutes les autres terres, excepté la zircone.

DES ALCALIS.

Le terme ALKALI est d'origine arabe. Il fut introduit en chimie après avoir été appliqué à une plante qui conserve encore le nom de *kali;* lorsqu'après avoir brûlé cette plante et lavé avec de l'eau la cendre que sa combustion produit, on évapore cette lessive à siccité; le résidu est une substance blanche, qui fut appelée *alkali*, mot qui signifie, suivant Albert-le-Grand, qui l'emploie, *fœx amoritudinis;* « féces, lie d'amertume. » On peut obtenir l'alkali d'autres substances que de celle appelée *kali;* les chimistes ont successivement reconnu que des corps qui différaient entre eux dans plusieurs de leurs propriétés avaient été confondus ensemble sous la même dénomination d'alcali; elle devint, en conséquence, générale, et on l'applique actuellement à tous les corps qui ont les propriétés suivantes, savoir :

1°. Une saveur caustique;

2°. Pouvant être volatilisés par la chaleur;

3°. Ayant la faculté de se combiner avec les acides et détruire leur acidité;

4°. D'être solubles dans l'eau, même dans leur état de combinaison avec l'acide carbonique;

5°. De changer en vert les couleurs bleues végétales.

Les alcalis sont au nombre de trois, dont deux sont appelés *alcalis fixes*, et le troisième *alcali volatil;* les deux alcalis fixes sont la *potasse* et la *soude;* on les a distingués par cette dénomination, parce qu'ils peuvent supporter, sans éprouver de changement, une chaleur rouge. On a donné le nom d'*ammoniaque* à l'alcali volatil.

DE LA POTASSE.

Si, après avoir réduit en cendres une quantité suffisante de bois, on les lessive jusqu'à ce que l'eau qui en sort n'ait plus aucune espèce de saveur, et qu'ensuite on évapore jusqu'à siccité la liqueur du lavage préalablement filtrée, on aura pour résidu de cette évaporation de la *potasse;* dans cet état elle est, à la vérité, mêlée avec plusieurs autres substances qui l'accompagnent ordinairement, mais dont on la débarrassera en majeure partie en la chauffant au rouge. On peut l'obtenir parfaitement pure de la manière suivante :

Mêlez cette potasse, déjà préalablement purifiée, en la chauffant au rouge, avec deux fois son poids de chaux vive et dix fois son poids d'eau pure, faites bouillir ce mélange pendant quelques heures dans un vaisseau de fer propre, ou bien, abandonnez-le pendant quarante-huit heures dans un vase de verre, en le remuant au besoin; filtrez alors, et faites évaporer très promptement la liqueur dans un vaisseau d'argent, jusqu'à ce qu'elle soit assez concentrée pour prendre par le refroidissement la

consistance du miel. Ajoutez-y alors de l'alcool en quantité égale au tiers de la potasse employée, agitez bien le mélange ; mettez-le sur le feu ; faites bouillir pendant une minute ou deux ; et alors versez-le dans un vaisseau de verre fermé avec un bouchon de liége. La liqueur se séparera peu à peu d'elle-même en deux couches. Celle inférieure contient les matières étrangères, en partie dissoutes dans l'eau, et en partie à l'état solide, et la couche supérieure est une dissolution d'un brun rougeâtre, de potasse pure dans l'alcool ; décantez cette dissolution alcoolique dans une bassine d'argent, et faites-la évaporer, jusqu'à ce qu'il se forme une croûte à sa surface, et que la liqueur au-dessous ait acquis une consistance à devenir solide par le refroidissement. Versez alors la liqueur dans un vase de porcelaine ; elle se solidifiera, en se refroidissant, en une belle substance blanche, qui est la potasse pure ; on la brise pour la renfermer aussitôt dans une fiole bouchée bien exactement.

Ce procédé est dû à Berthollet ; celui proposé d'abord par Lowitz, de Pétersbourg, est moins dispendieux ; il consiste à faire bouillir ensemble, comme dans le procédé ci-dessus décrit, de la potasse et de la chaux vive. On filtre la liqueur ; on l'évapore jusqu'à ce qu'il se forme une pellicule à sa surface ; on la laisse ensuite refroidir, et on en sépare tous les cristaux qui s'y sont formés, et qui sont tous des sels étrangers ; on continue alors l'évaporation dans un vaisseau de fer, en enlevant soigneusement avec une écumoire du même métal la pellicule à mesure qu'elle paraît à la surface ; lorsqu'il ne s'y en forme plus et que la matière a cessé de bouillir, on la retire du feu, et on la remue continuellement avec une spatule de fer pendant qu'elle refroidit. On la dissout alors dans le double de son poids d'eau ; on filtre

la dissolution et on l'évapore dans un vaisseau de fer, jusqu'à ce qu'on s'aperçoive qu'il s'y dépose des cristaux réguliers : si la masse se consolide en se refroidissant, on y ajoute un peu d'eau, et on la chauffe de nouveau ; lorsqu'il y a une quantité suffisante de cristaux formés, on décante la liqueur, devenue d'une couleur très brune, qui les surnage ; on la garde dans une bouteille bien bouchée, jusqu'à ce que la matière brune se soit déposée, qu'on puisse l'évaporer de nouveau, et en obtenir encore des cristaux. Dans les manipulations chimiques, ou la potasse, obtenue par ce dernier procédé, s'appelle *potasse traitée à la chaux*, ou *rendue caustique*. Dans le premier procédé de Berthollet, le produit obtenu est de la *potasse purifiée à l'alcool*.

La potasse, obtenue pure, est une substance cassante de couleur blanche. Son odeur est analogue à celle qui se répand lorsqu'on éteint la chaux vive ; sa saveur est singulièrement âcre, et elle est si excessivement corrosive, qu'à quelque partie du corps qu'elle soit appliquée, elle la détruit presque instantanément. C'est à raison de cette propriété qu'on l'a appelée *caustique ;* sa pesanteur spécifique est de 1,7085.

DE LA SOUDE.

On appelait autrefois cette substance *alcali minéral*, parce que sous le nom de *natron*, on la trouve native dans des sutures ou croûtes minérales. La substance impure du commerce appelée *barille* est le résidu de l'incinération du *salsola soda*. On distingue par le nom de *kolp* ou *caillotis*, le produit en cendres de plantes marines, telles que les algues, les fucus, etc. ; cet article de commerce est encore plus impur, comme tenant à peine au-delà de deux ou trois pour cent de soude réelle, tandis que la barille en contient quelquefois jus-

qu'à vingt. Pour obtenir la soude pure on fait bouillir une dissolution de carbonate de soude pure avec la moitié de son poids de chaux vive; et après que la liqueur a déposé, on la décante claire, on l'évapore dans un vaisseau de fer décapé ou d'argent, jusqu'à ce que le liquide coule comme de l'huile; en le recevant alors sur une plaque de fer poli, il y prend l'état concret, sous la forme d'un gâteau blanc, dur, qu'il faut briser aussitôt en morceaux, qu'on renferme étant encore chaud, dans une fiole bien bouchée. Si le carbonate de soude n'est pas parfaitement pur, alors, après l'action de la chaux vive, et la concentration de la lessive qui a lieu de suite, il faut la mettre en digestion avec de l'alcool, qui ne dissoudra que la potasse caustique pure, en laissant les sels hétérogènes. En distillant ensuite l'alcool dans un alambic d'argent, l'alcali peut être alors obtenu à l'état de pureté.

Cette substance solide, blanche, n'est cependant pas de la soude absolue, mais un hydrate consistant dans environ 100 de soude + 28 d'eau, ou près de 77 + 23 dans 100. Si l'on expose à l'air un morceau de cette soude, il se ramollit et devient pâteux; mais il ne tombe jamais en déliquescence, en un liquide d'apparence huileuse, comme cela a lieu avec la potasse; la soude, en effet, devient promptement plus sèche à l'air, parce qu'elle en absorbe l'acide carbonique, ce qui la fait passer à l'état d'un carbonate efflorescent.

Il existe entre la soude et la potasse une telle analogie, qu'on avait confondu ensemble ces deux espèces d'alcalis, jusqu'à l'époque où Duhamel eut prouvé le premier, en 1736, que la base du sel marin est la soude, et que cette base diffère de la potasse; et ses conclusions, à ce sujet, furent confirmées par Margraf en 1758.

Les effets de la chaleur sur la soude sont abso-

lument les mêmes que ceux qu'elle produit sur la potasse ; son odeur et sa saveur se rapportent exactement à celle de la potasse ; son action sur les corps des animaux est la même, mais sa pesanteur spécifique n'est que de 1,336.

DE L'AMMONIAQUE.

L'ammoniaque n'existe à l'état de pureté que sous forme gazeuse ; on peut l'obtenir aussi de la manière suivante :

Après avoir mis dans une cornue un mélange de trois parties de chaux vive, et d'une partie de sel ammoniac en poudre, on en fait aboutir le bec sous une cloche de verre remplie de mercure et renversée sur ce métal. En exposant ensuite cette cornue à la chaleur d'une lampe, il s'en dégage un gaz qui déplace le mercure et remplit la cloche ; ce gaz est l'*ammoniaque*. L'ammoniaque, à l'état de gaz, est d'une transparence parfaite, et sans couleur comme l'air. Sa saveur est âcre et caustique comme celle des alcalis fixes, mais beaucoup moins forte ; et l'ammoniaque ne corrode point, comme le font les alcalis, les substances animales sur lesquelles on l'applique. L'ammoniaque est remarquable par son odeur piquante, qui cependant n'est pas désagréable, lorsque cet alcali est suffisamment étendu.

Les animaux plongés dans le gaz ammoniac ne peuvent le respirer, ils y périssent. Lorsqu'on laisse une bougie allumée dans une cloche pleine de ce gaz, elle s'éteint à trois ou quatre reprises successives ; mais, chaque fois, la flamme acquiert un volume plus considérable par l'addition d'une autre flamme de couleur jaune pâle ; et, à la fin, cette flamme descend de la partie supérieure de la cloche vers le fond ; la pesanteur spécifique du gaz ammoniac est de 0,590, celle de l'air étant 1.

En exposant le gaz ammoniac à un froid de quarante-trois degrés centigrades environ au-dessous de zéro, il se condense en un liquide; mais il reprend sa forme gazeuse à mesure que sa température s'élève au-dessus de ce degré de froid. Lorsqu'on fait passer ce gaz à travers un tube de porcelaine ou de verre rouge de feu, il est totalement converti dans ses deux parties constituantes, les gaz hydrogène et azote.

Le gaz ammoniac se combine très promptement avec l'eau. Lorsqu'on met un morceau de glace en contact avec ce gaz, la glace se fond, absorbe l'ammoniaque, et la température s'abaisse; avec l'eau froide, l'absorption est presque instantanée; il y a dégagement de calorique, et la pesanteur spécifique de l'eau est diminuée. L'eau est capable d'absorber, d'après les essais du docteur Thomson, 780 fois son volume de gaz ammoniac; et par cette absorption l'augmentation du volume du liquide est de 8 à 10; la pesanteur spécifique de la dissolution est de 0,900. C'est dans cet état que les chimistes emploient ordinairement l'ammoniaque; et par cette dénomination, on entend presque toujours cette dissolution aqueuse de gaz ammoniac. Lorsqu'on la chauffe à la température d'environ 54 degrés centigrades, l'ammoniaque s'en sépare sous forme de gaz; lorsque cette dissolution est rapidement refroidie, à environ 55 degrés centigrades au-dessous de zéro, l'ammoniaque se prend en une gelée épaisse, et conserve à peine de l'odeur.

DES ACIDES.

On comprend, sous cette dénomination, des corps qui forment la classe la plus importante des composés chimiques. D'après la généralité des faits présentés par Lavoisier et les chimistes français ses collaborateurs, il fut établi en doctrine que

les acides résultent de l'union d'une base combustible particulière appelée *radical*, avec un principe commun, qui fut désigné par le terme technique *oxigène*, ou principe acidifiant. Cette doctrine générale était principalement fondée sur les phénomènes qu'offrirent la formation et la décomposition des acides sulfurique, carbonique, phosphorique et nitrique; phénomènes qu'on crut pouvoir étendre, par une analogie plausible, à d'autres acides dont les radicaux étaient inconnus. Après avoir cité quelques exemples de la conversion de plusieurs substances en acides par leur combinaison avec l'oxigène, conversion que Lavoisier exprimait par le terme *oxigénation*, il ajoutait : « On voit que l'oxigène est un principe commun à tous les acides, et que c'est lui qui constitue ou produit leur acidité, qu'ils sont ensuite différenciés les uns des autres par la nature de la substance oxigénée ou acidifiée. Il faut donc distinguer avec soin, dans tout acide, la base acidifiable à laquelle M. de Morveau a donné le nom de *radical* et le principe acidifiant, c'est-à-dire l'*oxigène.* »

Cependant Berthollet trouva, et fut porté à soutenir, que Lavoisier avait donné beaucoup trop de latitude à l'idée qu'il avait émise que l'oxigène est le principe acidifiant universel : « En effet, dit-il, c'est reculer trop loin les limites de l'analogie que d'inférer, d'après elle, que toute acidité, celle même des acides muriatique, fluorique et boracique, provient de l'oxigène parce que c'est ce principe qui produit l'acidité d'autres substances. L'hydrogène sulfuré, qui jouit bien réellement des propriétés d'un acide, est une preuve directe que l'acidité n'est pas toujours due à l'oxigène. Il n'y a pas plus de fondement à conclure que l'hydrogène est le principe de l'alcalicité, non seulement dans les alcalis proprement dits, mais aussi dans la magnésie, la chaux, la strontiane et la baryte, parce

que l'ammoniaque paraît devoir son alcalinité à l'hydrogène.

Ces considérations prouvent que l'oxigène peut être regardé comme le principe d'acidité le plus ordinaire; mais cette espèce d'affinité pour les alcalis peut appartenir à des substances qui ne contiennent point d'oxigène, quoique ce soit un motif pour y en soupçonner l'existence; encore moins pourrait-on conclure de ce qu'une substance contient de l'oxigène, qu'elle doit avoir des propriétés acides. »

D'après ces observations sur la nature de l'acidité, nous établirons, ainsi qu'il suit, les propriétés générales des acides.

1. Ces corps ont pour la plupart une saveur aigre, ainsi que leur dénomination l'indique.

2. Ils se combinent généralement avec l'eau en toute proportion. Cette combinaison a lieu avec condensation de volume et dégagement de chaleur.

3. Ils sont, à quelques exceptions près, volatilisés ou décomposés à une chaleur médiocre.

4. Ils changent ordinairement les couleurs pourpres des végétaux en celle d'un rouge vif.

5. Les acides s'unissent, en proportions définies, avec les alcalis, les terres et les oxides métalliques; et cette union, qui forme la classe importante des sels, peut être considérée comme étant leur propriété caractéristique et indispensable. La force d'énergie des différens acides fut estimée, dans le principe, d'après leur causticité et leur saveur aigre relatives. Cette force fut, depuis, établie d'après celle d'attraction qu'ils manifestaient particulièrement pour telle ou telle autre base; et elle fut déterminée ensuite par la quantité de la base que les acides pouvaient respectivement neutraliser. Mais Berthollet proposa de substituer à ce dernier moyen d'indication

de la mesure de la force d'énergie des acides, celui de la faculté avec laquelle ils exercent leur acidité, en estimant cette faculté, par la quantité de chacun d'eux, reconnue nécessaire pour produire le même effet, c'est-à-dire pour saturer une quantité donnée du même alcali. C'est donc la capacité de saturation de chaque acide qui, en faisant reconnaître son degré d'acidité, donne, suivant Berthollet, la force comparative d'affinité à laquelle est due cette capacité de saturation. Ce savant en induit que l'affinité des différens acides, pour une base alcaline, est en raison inverse de la quantité pondérable de chacun d'eux, nécessaire pour neutraliser une quantité égale de la même base alcaline. Il s'ensuit donc qu'un acide sera le plus puissant lorsqu'il pourra, à poids égal, saturer une plus grande quantité d'un alcali. Dans cette manière de voir, toute substance capable de saturer les alcalis, et de faire disparaître leurs propriétés, devrait être classée parmi les acides; et de même aussi, on devrait mettre au nombre des alcalis toute substance qui, par son action, peut saturer l'acidité; et la capacité de saturation étant la mesure de cette propriété, il faudrait la faire servir à former une échelle de la puissance comparative des alcalis aussi-bien que de celle des acides.

Quelque plausible que puisse être, *à priori*, cette opinion de Berthollet, que moins il faut d'un acide ou d'un alcali pour saturer une quantité connue de son principe antagoniste, plus le rang de cet acide ou alcali serait élevé dans l'échelle de la puissance et de l'affinité, elle ne se trouvera cependant pas d'accord avec les phénomènes chimiques. 100 parties d'acide nitrique sont saturées par environ 36,5 parties de magnésie, et par 52,5 parties de chaux, d'où il résulterait, d'après la règle établie par Berthollet, que ces terres

devraient être comme la raison inverse de leurs quantités, savoir : $\frac{1}{365}$ et $\frac{1}{575}$. Cependant l'effet très opposé a lieu, car la chaux sépare la magnésie de l'acide nitrique ; et, dans cet exemple, la différence d'effet ne peut être imputée à la différence de force avec laquelle les substances tendent à prendre la forme solide.

Nous n'avons donc à présent ni un seul principe acidifiant ni un caractère absolu indiquant le degré de puissance parmi les acides ; et il n'est pas besoin de cela, quoique l'objet soit de grande importance. L'expérience nous fournit l'ordre de décomposition d'un composé acide-alcalin par un autre acide, soit par sa seule action, soit avec l'aide de la température, et c'est tout ce que la chimie pratique semble exiger.

Quant aux différentes classes dans lesquelles on a rangé les acides, nous ferons observer que le principal avantage d'une classification est de présenter à ceux qui commencent l'étude de la science des vues générales, en groupant ensemble celles des substances qui offrent de l'analogie dans leurs propriétés ou dans leur composition. Il y a lieu d'espérer que le but sera passablement atteint au moyen des divisions et subdivisions suivantes :

1re *Division*. Acides de nature inorganique, ou qu'on peut former sans avoir recours aux produits animaux ou végétaux.

2e *Division*. Acides auxquels l'organisation donne naissance.

Le premier groupe est subdivisé en trois familles, savoir : 1re, acides formés par l'oxigène, 2e, acides formés par l'hydrogène ; 3e, acides dépourvus de l'un et de l'autre de ces principes considérés comme acidifians.

FAMILLE PREMIÈRE. — *Acides formés par l'oxigène.*

PREMIÈRE SECTION. — *Non métalliques.*

1. Boracique (borique).
2. Carbonique.
3. Chlorique.
4. Perchlorique.
5. Chloro-carbonique.
6. Nitreux.
7. Nitrique.
8. Iodique.
9. Hypophosphoreux.
10. Phosphoreux.
11. Phosphorique.
12. Hyposulfureux.
13. Sulfureux.
14. Sulfurique.
15. Hyposulfurique.
16. Cyanique.

DEUXIÈME SECTION. — *Métalliques.*

1. Arsenique.
2. Arsenieux.
3. Antimonieux.
4. Antimonique.
5. Chromique.
6. Colombique.
7. Molybdique.
8. Molybdeux.
9. Tungstique.

FAMILLE DEUXIÈME. — *Acides formés par l'hydrogène.*

1. Fluorique.
2. Hydriodique.
3. Hydrochlorique.
4. Ferro-prussique.
5. Hydroprussique.
6. Hydrosulfureux.
7. Hydrotellureux.
8. Sulfuro-prussique.

FAMILLE TROISIÈME. — *Acides sans oxigène ou hydrogène.*

1. Chloriodique.
2. Chloroprussique.
3. Fluoborique.
4. Fluosilicique.

DEUXIÈME DIVISION. — *Acides d'origine organique.*

1. Acérique.
2. Acétique.
3. Amniotique.
4. Benzoïque.
5. Bolétique.
6. Camphorique.

7. Caséique.
8. Citrique.
9. Formique.
10. Fungique.
11. Gallique.
12. Kinique.
13. Laccique.
14. Lactique.
15. Lampique?
16. Lithique.
17. Malique.
18. Méconique.
19. Ménispermique.
20. Margarique.
21. Mélassique.
22. Mellitique.
23. Moroxilique.
24. Mucique.
25. Oléique.
26. Oxalique.
27. Purpurique.
28. Pyrolithique.
29. Pyromalique.
30. Pyrotartarique.
31. Rosacique.
32. Saclactique.
33. Sébacique.
34. Subérique.
35. Succinique.
36. Sulfovinique?
37. Tartarique.
38. Zumique.

Les acides de cette seconde division sont tous décomposables à une chaleur rouge; ils fournissent généralement du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène, et, dans un petit nombre de cas, de l'azote. L'acide mellitique, qui se rencontre dans des couches de bois fossile, est indubitablement d'origine organique. Nous allons traiter de tous ces acides, par ordre alphabétique, en réunissant seulement ceux qui augmentent pour ainsi dire de force l'un dans l'autre, tels que les acides hyposulfureux, sulfureux et sulfurique.

Les bornes de cet ouvrage ne nous permettent pas de décrire les 75 acides énumérés dans la classification qui en établit le nombre; nous avons pensé qu'il pourrait suffire d'en énoncer la nature et d'en indiquer la formation.

DES SELS.

On a pour l'ordinaire fait emploi du mot *sel*, pour désigner un composé en proportions définies, de matière acide avec un alcali, une terre ou

un oxide métallique. Lorsque les proportions des parties constituantes se trouvent tellement réglées entre elles que la substance qui en résulte n'affecte pas la couleur de l'infusion de tournesol, ou celle de chou rouge, cette substance forme alors un sel qu'on appelle *neutre*. Lorsque l'acide est reconnu prédominant par la coloration en rouge de ces infusions, le sel est dit *acidulé*; et c'est ordinairement en faisant précéder le nom du sel de *sur* ou *bi*, que l'on désigne cet excès d'acide. Si au contraire l'acide paraît être en marquant ou en quantité moindre que celle nécessaire pour saturer l'alcalinité de la base, le sel est dit être avec excès de base; et l'on indique cet état du sel en l'appelant *sous-sel*. Ainsi, d'après ces manières de distinguer les différens états des sels, la dénomination de *sulfate de potasse*, qui nous présente le sel dans son état de neutralisation parfaite, sans aucun excès ni d'acide sulfurique, ni de potasse, deviendrait celle de *sur-sulfate* ou de *bi-sulfate de potasse*, pour le même sel avec excès d'acide, et de *sous-sulfate de potasse*, pour le même sel avec excès de base. Ces trois sortes différentes de sels doivent augmenter considérablement le nombre des composés salins; et quoique ce nombre ne soit pas exactement connu, parce qu'il en est beaucoup qui n'ont pas été examinés par les chimistes, il est cependant très probable qu'il s'élève au-dessus de 2000.

Les différens genres de sels se distinguent par les noms de leurs acides. Les terminaisons des noms de ces genres varient selon la nature de l'acide qui les constitue. Elles sont en *ate* pour les genres de sels dont les acides contiennent l'oxigène au *maximum*, et en *ite* pour ceux dont l'acide n'est pas saturé de ce principe. Les sels diffèrent beaucoup sans leurs propriétés, suivant que leur acide est ou non saturé d'oxigène. Les sels en

ite sont rarement permanens; exposés à l'air, ils en absorbent ordinairement l'oxigène, et se convertissent ainsi en sels en *ate*.

On distingue chaque espèce particulière de sel, en ajoutant à sa dénomination de genre le nom de sa base; ainsi le sel composé d'acide sulfurique et de soude, s'appelle *sulfate de soude*. On désigne les sels triples, en faisant suivre leur nom de genre de l'une et de l'autre de leurs bases réunies par des tirets; ainsi, le sel composé d'acide tartrique, de potasse et de soude, se nomme *tartrate de potasse et de soude*. Quelquefois aussi les sels triples s'indiquent en plaçant devant leur nom générique celui de l'une des bases, l'acide faisant fonction d'adjectif; ainsi, par exemple, la *soude muriatée de rhodium* est un sel triple composé d'acide muriatique, de soude et d'oxide de rhodium. Parfois le nom de la base qui précède celui du genre est un peu altéré, comme *sulfate ammonio de magnésie*, pour *sulfate de magnésie et d'ammoniaque*.

La dissolubilité des sels dans l'eau est leur propriété générale habituelle la plus importante. Dans ce liquide, ils sont ordinairement cristallisés; et c'est par son moyen qu'ils sont purifiés et séparés les uns des autres dans l'ordre inverse de leur faculté de dissolution.

M. Gay-Lussac a récemment publié, dans les *Annales de Chimie et de Physique*, t. XI, pag. 296, un Mémoire important sur la dissolubilité des sels.

On est étonné, est-il dit dans ce Mémoire, en parcourant les différens ouvrages de chimie, du vague de nos connaissances sur la dissolubilité des sels; elles se bornent à l'observation commune, que les sels sont plus solubles à chaud qu'à froid, et à la solubilité de quelques uns d'entre eux, à une température ordinairement très incertaine; cependant c'est de cette propriété des sels que dépendent leur décomposition mutuelle, leur sépa-

ration et les différens procédés de leur analyse. Comme opération chimique, la dissolution des sels mérite une attention particulière; car quoique les causes auxquelles elle est due soient les mêmes que celles qui produisent les autres combinaisons, cependant leurs effets ne se ressemblent pas.

La détermination de la quantité d'un sel que l'eau peut dissoudre n'est pas une opération très difficile : elle consiste à saturer l'eau exactement du sel dont on veut connaître la solubilité à une température déterminée; à peser une certaine quantité de cette dissolution, à la faire évaporer, et à peser le résidu salin.

On obtient une dissolution saline parfaitement saturée, des deux manières qui suivent : en faisant chauffer l'eau avec le sel, et en la laissant refroidir jusqu'à la température pour laquelle on cherche la solubilité; ou bien, en mettant dans l'eau froide un grand excès de sel, et en élevant graduellement la température. Dans chaque cas, il faut maintenir constante la température finale pendant deux heures au moins, et remuer fréquemment la dissolution saline pour être assuré qu'elle est complétement saturée. Par des expériences directes faites avec beaucoup de soin, M. Gay-Lussac reconnut que les deux procédés donnent absolument les mêmes résultats, et qu'on peut en conséquence les employer indifféremment.

Il arrive souvent que la dissolution d'un sel qui ne cristallise pas, et que par cette raison on regarde comme saturée, cède des molécules salines aux cristaux de la même nature qu'on y plonge; et l'on a conclu de cela que les cristaux d'un sel appauvrissent sa dissolution, et la font descendre au-dessous de son véritable point de saturation. M. Gay-Lussac pense que ce fait, qu'il regarde comme certain, et même comme très général, a été mal expliqué.

La saturation d'une dissolution saline d'une température invariable est le terme où le dissolvant, toujours en contact avec le sel, ne peut plus en prendre davantage ni en abandonner aucune partie. D'après cette définition, toute dissolution saline qui peut abandonner du sel sans que la température change, est nécessairement sursaturée. On peut voir que, en général, la saturation n'est point un terme fixe, et que la cause qui la produit est la même que celle qui rend l'eau liquide au-dessous de la température à laquelle elle se congèle.

Pour reconnaître la solubilité d'un sel, M. Gay-Lussac indique d'opérer ainsi qu'il suit :

Ayant saturé de l'eau d'un sel à une température déterminée, on prend un matras de la capacité de 150 à 200 grammes d'eau, et dont le col a de 15 à 18 centimètres de longueur. Après l'avoir pesé vide, on le remplit au quart environ, de la dissolution saline, et on le pèse de nouveau; pour évaporer l'eau, on saisit le matras par son col avec des pinces, et on le tient sur un brasier ardent sous un angle d'environ 45 degrés, en ayant l'attention de le remuer continuellement, et de donner au liquide un mouvement vibratoire, afin de favoriser l'ébullition et de prévenir les soubresauts, qui sont très fréquens avec quelques dissolutions salines, dès que, en conséquence de l'évaporation, il commence à se déposer des cristaux. Lorsque la masse saline est desséchée, et qu'il ne s'en dégage plus de vapeur d'eau à une chaleur presque rouge, on souffle dans le matras avec un tube de verre adapté à l'extrémité d'un soufflet, afin d'en chasser la vapeur aqueuse qui en remplit la capacité; on laisse ensuite refroidir le matras, et on le pèse. On connaît alors la proportion d'eau au sel qu'elle tenait en dissolution, et l'on exprime cette proportion en représentant le poids de l'eau par 100.

Jusqu'à l'époque du perfectionnement introduit dans la nomenclature chimique par Guyton Morveau, en 1781, les chimistes étaient dans l'usage de rapporter les genres des sels aux bases, et d'en distinguer les espèces par les acides. Ce savant changea totalement la méthode en faisant dériver des acides les nouveaux termes génériques des sels. Lavoisier, Berthollet et Fourcroy, qui avaient donné leur assentiment à ces ingénienses corrections de Morveau, se réunirent à lui en 1787, pour fonder de concert une nouvelle nomenclature chimique, qui est aujourd'hui universellement adoptée.

Fourcroy a établi une classification des sels, en divisant ces corps chimiques en onze genres, disposés en raison de l'attraction générale des acides pour les bases, dans l'ordre suivant :

Sulfates,

de baryte,
de potasse,
acide de potasse,
de soude,
de strontiane,
de chaux,
d'ammoniaque,
de magnésie,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,
d'alumine,
acide d'alumine et de potasse saturé d'alumine triple,
de zircone.

Sulfites,

de baryte,
de chaux,
de potasse,
de soude,
de strontiane,
d'ammoniaque,
de magnésie,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,
d'alumine,
de zircone.

Nitrates,

de baryte,
de potasse,
de soude,
de magnésie,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,

de strontiane,
de chaux,
d'ammoniaque,
d'alumine,
de zircone.

Nitrites,

de baryte,
de potasse,
de soude,
de strontiane,
de chaux,
d'ammoniaque,
de magnésie,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,
d'alumine,
de zircone.

Muriates,

de baryte,
de potasse,
de soude,
de strontiane,
de chaux,
d'ammoniaque,
de magnésie,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,
d'alumine,
de zircone,
de silice.

Muriates suroxigénés,

de baryte,
de potasse,
de soude,
de strontiane,
de chaux,
de magnésie,
de glucine,
d'alumine,
de zircone.

Phosphates,

de baryte,
de strontiane,
de chaux,
acide de chaux,
de potasse,
de soude,
d'ammoniaque,
de soude et d'ammoniaque,
de magnésie,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,
d'alumine,
de zircone,
de silice.

Phosphites,

de chaux,
de baryte,
de strontiane,
d'ammoniaque,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,

de magnésie,
de potasse,
de soude,
d'alumine,
de zircone.

Fluates,

de chaux,
de baryte,
de strontiane,
de magnésie,
de potasse,
de potasse silicée,
de soude,
de soude silicée,
d'ammoniaque,
ammoniaco-magnésien,
ammoniaco-silicé,
de glucine,
d'alumine,
de zircone,
de silice.

Borates,

de chaux,
de baryte,
de strontiane,
de soude,
sursaturé de soude,
d'ammoniaque,
ammoniaco-magnésien,
de magnésie,
magnésio-calcaire,
de potasse,
de glucine,
d'alumine,
de zircone,
de silice.

Carbonates,

de baryte,
de strontiane,
de chaux,
de potasse,
de soude,
de magnésie,
d'ammoniaque,
ammoniaco-magnésien,
de glucine,
d'alumine,
de zircone,
ammoniaco-zirconien,
ammoniaco-glucinien.

DES COMBUSTIBLES SIMPLES.

Les corps combustibles simples non métalliques sont au nombre de huit, savoir : l'hydrogène, le bore, le carbone, le phosphore, le soufre, l'iode, le chlore et l'azote. Parmi ces corps il en est trois, l'hydrogène, le chlore et l'azote, qui sont toujours à l'état de gaz à toutes les températures connues;

les cinq autres sont constamment solides à la température ordinaire de l'atmosphère; de ces cinq corps, le phosphore, le soufre et le carbone sont fusibles et volatils, tandis que le bore et le carbone sont infusibles et fixes : aucun de ces corps n'a d'action sur le gaz oxigène à la température ordinaire de l'atmosphère. Le chlore, l'iode et l'azote n'éprouvent même aucune action du gaz oxigène à une température élevée; mais l'hydrogène, le bore, le carbone, le phosphore, sont susceptibles d'absorber l'oxigène, et de brûler, en l'absorbant, avec chaleur et lumière.

DE L'HYDROGÈNE.

L'hydrogène, ce premier des combustibles simples, n'a encore été trouvé jusqu'ici qu'en combinaison avec d'autres corps, et particulièrement avec l'oxigène, le carbone et l'azote. Combiné avec l'oxigène, il forme l'eau; dans sa combinaison avec l'oxigène et le carbone, il constitue la plupart des matières végétales; combiné avec l'oxigène, le carbone et l'azote, il forme la plupart des matières animales.

L'hydrogène avait déjà accidentellement attiré l'attention et la curiosité de plusieurs savans; mais c'est bien réellement à Cavendish, qui l'examina le premier, qui s'assura du plus grand nombre de ses propriétés, qu'on doit attribuer la découverte de ce gaz. Il fut appelé d'abord *air inflammable;* mais à l'époque de la création de la nouvelle nomenclature, il reçut le nom qu'il porte aujourd'hui, et qui est dérivé de deux mots grecs, qui signifient *générateur de l'eau;* il en forme en effet une partie constituante essentielle. On peut obtenir le gaz hydrogène en opérant ainsi qu'il suit : après avoir mis dans une fiole à laquelle est adapté un tube recourbé et muni d'un bouchon de liége, où

dans une cornue, du zinc en grenaille, on verse dessus de l'acide sulfurique étendu de cinq fois son volume d'eau; il se manifestera une vive effervescence, produite par la décomposition de l'eau et le dégagement d'hydrogène, qui peut être recueilli dans l'appareil pneumatique. Lorsque ce gaz doit servir à des recherches qui exigent une très grande exactitude, il doit être reçu dans des cloches sur le mercure, et soumis à l'action du muriate de chaux sec et à une basse température; il est ainsi dépouillé d[illegible] hygrométrique. On peut aussi se procurer le gaz hydrogène en grande quantité et très pur, en faisant passer de l'eau en vapeur à travers un tube de fer rougi au feu.

Le gaz hydrogène est incolore et jouissant de toutes les propriétés physiques de l'air. Il a ordinairement, lorsqu'il est obtenu au moyen du zinc, une légère odeur d'ail, due probablement à des particules arsenicales de ce métal; il est dépourvu d'odeur lorsqu'il est produit par de l'eau transmise sur du fer pur à l'état d'ignition.

Le gaz hydrogène étant un corps simple ne peut être dilaté que par le calorique. C'est de tous les gaz celui qui réfracte le plus la lumière. Il ne se combine point avec le gaz oxigène à la température ordinaire; il paraît même qu'à cette température ces deux gaz peuvent rester mêlés pendant un temps indéfini sans agir l'un sur l'autre; ce n'est qu'à une chaleur rouge ou presque rouge qu'ils s'unissent. Leur combinaison a toujours lieu dans le rapport de deux d'hydrogène et de un d'oxigène, en volume, ou, ce qui est la même chose, d'après leur pesanteur spécifique, dans le rapport de 11,71 d'hydrogène à 88,29 d'oxigène, en poids.

Le gaz hydrogène est éminemment combustible; il brûle, s'il est pur, avec une flamme d'un blanc jaunâtre; mais s'il est accidentellement avec quel-

que mélange, sa flamme a souvent une teinte rougeâtre Si, en tenant dans une position perpendiculaire le fond en haut, une cloche étroite remplie d'hydrogène, on y introduit subitement une bougie allumée, cette bougie s'éteindra; mais le gaz brûlera à la surface de la cloche en contact avec l'air. Ce gaz fait aussi promptement mourir les animaux qui le respirent; et cette mort de l'animal n'est occasionnée que parce qu'il est privé d'oxigène.

L'hydrogène est le plus léger des corps gazeux connus jusqu'à présent; un décimètre cube de ce gaz à zéro, et sous la pression barométrique de 76 centimètres de mercure, pèse 0,07,321., ainsi que l'ont établi MM. Biot et Arago.

Le gaz hydrogène n'est pas sensiblement absorbé par l'eau, lors même qu'on le laisse pendant quelque temps en contact avec ce liquide. Lorsque l'eau a été dépouillée par l'ébullition de tout l'air qu'elle contenait, un décimètre cube de cette eau, à la température de 16 degrés centigrades, absorbe 16 centimètres cubes de gaz hydrogène.

Si l'on mêle ensemble dans leur état de pureté du gaz oxigène et du gaz hydrogène, les gaz ne sont point altérés par leur mélange; mais si on les met en contact avec une bougie allumée, ou qu'on les fasse traverser par l'étincelle électrique, ils brûlent avec une étonnante rapidité, et il se produit une explosion violente. Cavendish s'assura qu'après la combustion, il se déposait toujours, dans les vaisseaux où elle avait eu lieu, une quantité d'eau égale en poids aux deux gaz qui avaient disparu; les expériences de Cavendish furent répétées depuis et amplement confirmées par Lavoisier et ses collaborateurs, et il fut alors ainsi reconnu que l'eau est un composé d'oxigène et d'hydrogène réunis dans la proportion d'un volume d'oxigène et de deux volumes d'hydrogène.

DU BORE.

MM. Gay-Lussac et Thénard réussirent, en 1808, à décomposer l'acide boracique en le chauffant avec du *potassium* dans un tube de cuivre chauffé au rouge obscur. Ces savans examinèrent les propriétés de sa base, à laquelle ils ont donné le nom de *bore*, et ils les décrivirent en détail dans un mémoire qu'ils publièrent sur ce sujet. Sir Humphry Davy décomposa, en 1809, l'acide boracique par le même procédé que les chimistes français, et il publia aussi l'exposé des propriétés du bore.

Le bore ne se rencontre point à l'état de pureté dans sa nature; il est toujours engagé dans quelques combinaisons. Les composés naturels dont il fait partie sont l'acide boracique ou borique, le sous-borate de soude et le sous-borate de magnésie.

On peut obtenir le bore en mettant dans un tube de cuivre ou de verre un mélange, à parties égales, d'acide boracique ou borique bien pur, préalablement fondu et réduit en poudre, et de *potassium*, et en chauffant par degrés le tube contenant le mélange jusqu'à le faire rougir légèrement; on le tient dans cet état pendant quelques minutes; à la température de 150 degrés centigrades, la décomposition commence, et le mélange chauffé devient d'un rouge intense, ainsi qu'on peut le reconnaître en faisant l'expérience dans un tube de verre. Lorsque le tube avec lequel on a opéré est refroidi, on verse de l'eau sur la matière qu'il contient pour la laver; on neutralise la potasse, qui s'est formée, avec de l'acide muriatique, et l'on met le tout sur un filtre. On le lave, et on le fait sécher à une douce chaleur.

Le bore ainsi préparé est une poudre d'un brun verdâtre, sans odeur ni saveur. Il peut être exposé, en vaisseaux clos, à la plus violente chaleur qu'il

soit possible de produire, sans qu'il éprouve d'autre changement qu'une augmentation de densité. Il est tout-à-fait insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther, et dans les huiles, soit à chaud, soit à froid. Il ne décompose pas l'eau, lors même qu'il est chauffé dans ce liquide à la température de 80 degrés centigrades; mais il est probable qu'à une chaleur rouge la décomposition aurait lieu.

Le bore n'a point d'action sur l'air ni sur le gaz oxigène à la température ordinaire de l'atmosphère; mais si on le chauffe au rouge obscur dans le gaz oxigène, il prend feu et brûle avec beaucoup d'éclat, en absorbant en même temps du gaz oxigène. Par cette combustion, une portion du bore est convertie en acide borique, et cét acide, en se fondant, forme sur le bore une couche qui prive la portion non encore brûlée du contact de l'oxigène, et alors la combustion cesse; si on lave l'acide borique, la combustion reprend; mais elle exige une température plus élevée. MM. Gay-Lussac et Thénard acidifièrent une portion de bore en le chauffant dans l'acide nitrique; ils parvinrent ainsi à convertir cinq parties de bore en 7,5 parties d'acide borique.

L'oxigène est, pour ainsi dire, le seul corps simple avec lequel le bore ait pu être combiné jusqu'à présent.

La pesanteur spécique du bore n'est pas connue; on sait seulement qu'elle est plus grande que celle de l'eau.

DU CARBONE.

Si l'on met un morceau de bois dans un creuset bien recouvert de sable et maintenu pendant quelque temps à une chaleur rouge, ce bois est converti en une substance noire, brillante, cassante, inodore, insipide, connue sous le nom de *charbon de bois*. Les propriétés de cette substance sont à

peu près les mêmes, quelle que soit l'espèce de bois d'où elle provient, si, pour l'obtenir, on a pris les précautions convenables, en exposant pendant une heure au moins le creuset bien clos à un feu de forge; si l'on néglige cette précaution, les propriétés du charbon diffèrent considérablement.

Le charbon est insoluble dans l'eau. Lorsqu'il est bien dépouillé d'air et d'humidité, il n'éprouve d'autre changement par la chaleur la plus forte, si ce n'est qu'il devient beaucoup plus dur et plus brillant. C'est un excellent conducteur de l'électricité; il est beaucoup moins susceptible de se pourrir que le bois, et se conserve, par conséquent, plus long-temps; c'est à raison de cette propriété que les anciens avaient adopté l'usage de *charbonner* le contour des pieux qu'on enfonçait dans la terre ou dans l'eau, afin d'empêcher ainsi le bois de se gâter. On se sert efficacement du charbon nouvellement fait pour enlever aux toiles ou aux draps l'odeur désagréable qu'ils auraient pu contracter. On s'est assuré qu'on pouvait employer avec avantage le charbon réduit en poudre, pour la purification d'un grand nombre de substances.

Le charbon récemment préparé est très avide d'humidité; on a reconnu que lorsqu'il reste pendant un jour exposé à l'air, son poids augmente d'environ 12,50 pour cent. La plus grande partie de cet accroissement de poids est due à l'humidité, qu'il rend en abondance lorsqu'on le plonge, chauffé, à plus de 100 degrés centigrades, sous le mercure.

Lorsque le charbon a été dépouillé, soit par la chaleur, soit en faisant le vide, de tout l'air qu'il pouvait contenir, il a la propriété d'absorber une certaine quantité de tout corps gazeux dans lequel il peut se trouver placé. Le procédé de Théodore de Saussure, à qui l'on doit la suite la plus satisfaisante et la plus complète d'expériences sur l'absorption des gaz par le charbon, consistait à faire chauffer au

rouge le morceau de charbon qu'il soumettait à l'expérience, à le plonger, dans cet état, sous le mercure, et à l'introduire, lorsqu'il était froid, dans le gaz à examiner. L'absorption de tous les différens gaz qu'il essaya ainsi avait complétement lieu au bout de vingt-quatre heures, et elle n'augmentait pas lorsqu'on laissait plus long-temps le charbon en contact avec le gaz.

Lorsque le charbon, déjà saturé d'un gaz, est placé dans un autre gaz, il laisse échapper une portion du gaz précédemment absorbé, et il absorbe une portion du nouveau gaz; les proportions varient en raison de la faculté d'absorption des deux gaz par le charbon.

Le carbone est toujours solide, sans odeur et sans saveur; le plus souvent, il est noir, sans forme régulière, facile à réduire en poudre : tel est celui qui provient du bois. Alors il est difficile d'en déterminer exactement la pesanteur spécifique, parce qu'il est rempli de petites cavités, dont on ne peut pas aisément chasser l'air.

Quelquefois le cabone est compacte, friable, luisant, ressemblant à la houille, noir et aussi sans forme régulière; dans cet état, les minéralogistes l'appellent *antracite*. L'antracite d'Allemont, département de l'Isère, contient 0,97 de carbone; sa pesanteur spécifique est de 1,8.

Plus rarement le carbone est cristallisé, et si dur, qu'il raye tous les corps, et n'est rayé par aucun. Dans cet état, il constitue le *diamant*, autre substance, qui a beaucoup des propriétés du carbone, quoique dans d'autres elle en diffère : c'est la plus dure et la plus belle de toutes les pierres précieuses.

Ce fut Lavoisier qui, guidé par les expériences de Newton et des académiciens de Florence, aperçut le premier le carbone dans le diamant.

Newton avait eu l'occasion de remarquer que les

corps réfractaient d'autant plus la lumière qu'ils étaient plus combustibles, et ayant reconnu que le diamant était doué d'une grande force réfringente, il soupçonna qu'il était combustible. Les académiciens de Florence avaient rendu, dès 1694, cette conjecture très vraisemblable, en exposant des diamans au foyer d'un miroir ardent, et en observant qu'ils s'y consumaient.

Plusieurs chimistes français l'avaient mise, ainsi que le rapporte Macquer dans le détail qu'il donne à cet égard, hors de doute, en prouvant que les diamans ne perdaient rien de leur poids lorsqu'on les calcinait sans le contact de l'air, et se dissipaient, au contraire, lorsqu'on les calcinait avec le contact de ce fluide; ce fait fut amplement établi et confirmé par les expériences de Darcet, Rouelle, Macquer et Cadet. Cependant Lavoisier, ayant continué ces recherches, il s'assura, en brûlant par le moyen de fortes lentilles des diamans, dans des vaisseaux fermés, que, pendant leur combustion, il se formait du gaz acide carbonique, et que, sous ce rapport et sous celui de l'affinité, il existait une analogie frappante entre le diamant et le carbone, lorsqu'ils étaient chauffés l'un et l'autre dans des vaisseaux fermés. Ces expériences sur la combustion du diamant furent répétées depuis par Lavoisier lui-même, et par plusieurs autres savans français et étrangers, et tous leurs résultats, ayant été à peu près les mêmes, il semble aujourd'hui bien démontré que, quoiqu'il existe une si grande différence entre le diamant et le charbon, ces deux corps sont identiquement de même nature; car, soit que l'on combine 72,62 d'oxigène avec 27,38 de diamant ou de charbon pur, il en résulte 100 parties d'acide carbonique; or le gaz acide carbonique est un corps constamment formé des mêmes élémens, et dans les mêmes proportions: donc le diamant est du charbon pur, et

ne diffère de celui-ci que par l'arrangement de ses molécules.

DU PHOSPHORE.

Le phosphore fut accidentellement découvert, en 1669, par Brandt, alchimiste de Hambourg, lorsqu'il s'occupait des moyens de trouver dans l'urine humaine un liquide capable de convertir l'argent en or. Il fut d'abord fait trafic de cette découverte, dont on eut soin de faire un secret, quelques essais qu'on eût fait, mais jusqu'alors sans succès de produire le phosphore, jusqu'en 1737, époque à laquelle il vint à Paris un étranger qui offrit de faire le phosphore. Le gouvernement français lui accorda une récompense pour la communication de son procédé, qu'il exécuta avec succès en présence de Hellot, Dufay, Geoffroy et Duhamel, commissaires nommés à cet effet; et dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de la même année 1737, Hellot publia ce procédé dans le plus grand détail. Margraf, qui s'était livré vers la même époque à la recherche du phosphore, proposa à ce procédé un perfectionnement qui consistait à mêler un sel de plomb à l'urine épaissie.

Ce fut en 1769 que Gahn, chimiste suédois, découvrit que le phosphore est contenu dans les os; et peu de temps après, Schéele trouva un procédé pour l'en obtenir.

On peut préparer le phosphore par le procédé suivant, qui est celui de Fourcroy et de M. Vauquelin :

On fait brûler, ou, en terme de chimie, *calciner* des os, jusqu'à ce qu'ils cessent de donner de la fumée, et de répandre aucune odeur quelconque. Après les avoir réduits en poudre fine, on met dans une bassine de porcelaine ou de grès, 100

parties de cette poudre délayée dans quatre fois son poids d'eau; on y ajoute alors peu à peu, et en remuant bien chaque fois, 40 parties d'acide sulfurique. Le mélange s'échauffe, il s'y manifeste un dégagement très abondant de bulles d'air, ce qu'on appelle en chimie *effervescence;* on laisse le mélange dans cet état pendant vingt-quatre heures, en ayant soin de le remuer de temps en temps avec une baguette de verre ou de porcelaine, afin de faciliter l'action de l'acide sulfurique sur la poudre d'os. Le tout est alors retiré de la bassine pour le mettre sur un filtre de toile, placé au-dessus d'un vase de porcelaine, destiné à recevoir la liqueur qui passera à travers. On lave ensuite la poudre blanche restée sur le filtre avec de l'eau pure, à plusieurs reprises, et jusqu'à ce que le lavage n'ait plus de saveur sensible; on verse alors lentement dans la liqueur réunie dans la bassine et qui a une saveur très acide, du nitrate de plomb dissous dans l'eau; il se précipite immédiatement au fond du vaisseau une poudre blanche. Il faut ajouter du nitrate de plomb pendant tout aussi long-temps que la précipitation de cette poudre continue d'avoir lieu; on filtre alors le tout; et après avoir bien lavé et séché la poudre blanche restée sur le filtre, on y ajoute environ un seizième de son poids de poussière de charbon. On met ce mélange dans une cornue de grès, qu'on place dans un fourneau, en faisant plonger le bec de la cornue dans un vase rempli d'eau, de manière qu'il se trouve toujours au-dessous de sa surface; on chauffe alors par degrés jusqu'à ce que la chaleur de la cornue soit portée au blanc. Il s'en dégage une grande quantité de bulles d'air, dont quelques unes prennent feu par le contact de l'air, et viennent crever à la surface de l'eau; et lorsque la chaleur est assez forte, il en découle une substance, ayant l'aspect de la cire fondue,

qui fige dans l'eau en sortant du bec de la cornue qui y plonge : cette substance est le *phosphore*.

Il a été fait, depuis 1722, beaucoup d'expériences sur le phosphore; des recherches importantes eurent lieu sur cette substance tout récemment par sir Humphry Davy, et par MM. Gay-Lussac et Thénard. MM. Thenard et Vogel ont examiné la poudre rouge qui reste après la combustion du phosphore, et les changemens que produit sur cette poudre l'action de la lumière, et MM. Dulong et Berzélius se sont occupés de la combinaison du phosphore avec l'oxigène.

Le phosphore est ordinairement d'une couleur légèrement ambrée; mais lorsqu'il a été préparé avec soin, il est à peu près incolore et transparent. Lorsqu'il a été conservé pendant quelque temps dans l'eau, il devient opaque à l'extérieur, et ressemble beaucoup alors à de la cire blanche, dont il a à peu près la consistance; on peut le couper avec un couteau ou le tordre avec les doigts; il est insoluble dans l'eau, et sa pesanteur spécifique moyenne est de 1,770.

Le phosphore se fond à la température de 37 degrés centigrades, et à une température de 42 degrés centigrades il est en fusion complète. Il faut avoir soin de tenir le phosphore sous l'eau quand on le fond; car il est si combustible, qu'il ne pourrait être facilement fondu à l'air sans qu'il prît feu. Le phosphore nouvellement préparé est toujours sale, parce qu'il est mêlé avec de la poussière de charbon et autres impuretés; on l'en sépare en le fondant sous l'eau et en le faisant passer dans cet état à travers un morceau bien nettoyé de peau de chamois. On peut le former en bâtons, en en mettant dans un entonnoir de verre à long tube et fermé à son extrémité par un bouchon de liége; et en plongeant le tout dans l'eau chaude, le phosphore se fond et prend la forme du tube; on l'en

fait sortir aisément avec un morceau de bois, lorsqu'il est refroidi. Le phosphore s'évapore à l'abri du contact de l'air, à la température de 104 degrés centigrades; il y entre en ébullition à celle de 290 degrés centigrades.

Le phosphore, brûlant avec tant de facilité, ne doit point exister à l'état de pureté dans la nature: aussi, jusqu'à présent, ne l'a-t-on rencontré qu'en combinaison avec d'autres corps.

DU SOUFRE.

Le soufre est une substance dure, cassante, de couleur ordinairement jaune, inodore, ayant une saveur très faible, quoique pouvant se distinguer. On le trouve en grandes quantités dans la nature et particulièrement dans le voisinage des volcans; on le retire aussi par la distillation du minéral appelé *pyrite :* la connaissance de ce corps date des temps les plus reculés. Les anciens en faisaient usage en médecine, et ils en employaient les vapeurs au blanchîment de la laine.

Le soufre n'est pas conducteur de l'électricité, il devient, par conséquent, électrique par frottement; sa pesanteur spécifique est de 1,990; la pesanteur spécifique du soufre natif est de 2,0332. Il n'éprouve aucun changement par son exposition à l'air; lorsqu'on le met dans l'eau, il tombe au fond de ce liquide, et il y reste sans être en aucune manière altéré; le soufre est donc insoluble dans l'eau. Si l'on fait éprouver à un rouleau ou bâton de soufre une douce chaleur, mais subite, comme en le pressant dans la main, il produit un craquement particulier, et éclate quelquefois en morceaux; cet effet est dû à l'action inégale de la chaleur sur un corps qui la conduit lentement et qui a peu de cohésion. Si, après qu'une masse de soufre a été fondue dans un creuset, et que sa sur-

face commence à se congeler, on en fait promptement couler tout ce qui reste au-dessous à l'état liquide, on obtient des cristaux de soufre en aiguilles. Si l'expérience se fait dans un vaisseau de verre ou sur une plaque de fer, on verra que les cristaux commencent à se former lorsque la température s'est abaissée à environ 104 degrés centigrades.

Le soufre, chauffé à l'air, à la température de 293 degrés centigrades, s'allume spontanément, brûle avec une flamme d'un bleu pâle, en émettant une grande quantité de vapeurs d'une odeur très suffocante; si, étant fondu, on le tient pendant quelque temps dans un vaisseau ouvert à la chaleur d'environ 150 degrés centigrades, il s'épaissit et devient visqueux; et si on le jette alors dans une bassine contenant de l'eau, il paraît être rouge et ductile comme de la cire. On s'en sert dans cet état pour prendre des empreintes de cachets et de médailles; sa pesanteur spécifique est, dit-on, augmentée de 1,99 à 1,325. Ce changement n'est pas dû à l'oxidation, car il a lieu en vaisseaux clos. La chaleur n'est pas seulement capable de fondre le soufre, elle peut encore le gazéifier. Si, en effet, après avoir rempli de soufre aux trois quarts une cornue de verre, on y adapte une allonge dont l'extrémité plonge dans une capsule ou terrine pleine d'eau, on place cette cornue à feu nu sur un fourneau muni de son laboratoire, et qu'on le chauffe peu à peu, le soufre après s'être fondu d'abord, deviendra limpide, puis entrera en ébullition et se réduira bien au-dessous de la chaleur rouge, en un gaz qui se liquéfiera dans le col de la cornue, coulera dans l'allonge, et de là dans la capsule, où il se figera et cristallisera confusément.

DU CHLORE.

Schéele découvrit, en 1774, cette substance, qu'il désigna par le nom d'*acide marin déphlogistiqué*. Il reçut des auteurs de la nouvelle nomenclature, lors de la réformation du langage chimique, celui d'*acide muriatique oxigéné*, et ensuite, de Kirwan, la dénomination de gaz *oximuriatique*, parce qu'on le considérait comme un composé d'oxigène et de l'acide du sel marin, appelé alors *acide muriatique*.

Les principales recherches dont ce corps a été l'objet sont dues à Berthollet, Guyton-Morveau, Chenevix, à MM. Gay-Lussac et Thénard, et à sir Humphry Davy.

Berthollet en fit une étude particulière, et créa un art aujourd'hui généralement pratiqué, l'art de blanchir les toiles par le chlore. Guyton-Morveau s'en servit pour désinfecter l'air; Chenevix chercha le premier à déterminer les proportions de l'acide muriatique oxigéné; MM. Gay-Lassac et Thénard tirèrent de leurs expériences cette conséquence importante que l'acide muriatique oxigéné, qui jusqu'alors avait été regardé comme un corps composé, pouvait être considéré comme un corps simple, et que tous les phénomènes qu'il présentait s'expliquaient très bien dans cette hypothèse, que dix-huit mois après que MM. Gay-Lussac et Thénard l'eurent énoncée, sir Humphry Davy adopta exclusivement.

Le chlore peut s'obtenir par le procédé qui suit : on introduit dans une petite cornue de verre du peroxide de manganèse réduit en poudre, et on y ajoute de l'acide muriatique (hydrochlorique) ordinaire du commerce, en quantité suffisante pour qu'il en puisse résulter un mélange à l'état de pâte. On fait plonger le bec de la cornue dans une cuve

d'eau, et l'on place dessus un flacon de verre renversé et préalablement rempli d'eau, pouvant contenir un litre de ce liquide. On chauffe la cornue à la lampe; il y a dégagement d'un gaz qui entre dans le flacon, déplace l'eau et le remplit. Aussitôt que le flacon est plein du gaz dégagé, on le retire et on le ferme exactement avec un bouchon de verre usé à l'émeri et tout préparé à cet effet. On substitue un autre flacon au premier, et ainsi successivement jusqu'à ce qu'on ait obtenu la quantité de gaz qu'on désirait se procurer. Ce gaz est le *chlore*, ainsi nommé à cause de sa couleur.

Le chlore est un corps gazeux ayant les propriétés mécaniques de l'air. Sa couleur est jaune-verdâtre. Il a une odeur extrêmement forte et suffocante, qui est exactement semblable à celle de l'eau régale ou du mélange bien connu des acides nitrique et muriatique (hydrochlorique). Lorsqu'on est exposé à respirer les vapeurs du chlore, on éprouve une sensation d'étouffement des plus insupportables; elles provoquent une toux violente avec expectoration, qui continue pendant quelque temps, et réduit à un très grand degré de faiblesse. La saveur de ce gaz est astringente.

La pesanteur spécifique du chlore est, suivant les expériences de MM. Gay-Lussac et Thénard, de 2,4700, et le poids d'un décimètre cube de ce gaz à la température de 16° centigrades, et sous la pression barométrique de 76 centimètres, est de 3,1459gr.

Lorsqu'on expose à l'action du chlore une couleur végétale bleue quelconque, cette couleur est immédiatement détruite, et elle ne peut plus être rétablie par aucun moyen que ce soit. Ainsi, le chlore a la propriété de détruire toutes les couleurs végétales et de blanchir les corps colorés. Cette propriété lui fut reconnue, pour la première fois, par Schéele, et Berthollet voulut en faire une

application utile en proposant l'emploi du chlore dans la pratique du blanchîment.

La flamme des bougies, qu'on introduit dans ce gaz, pâlit d'abord, rougit et ensuite disparaît.

Si un animal est plongé dans une atmosphère de chlore, de manière à être forcé de respirer le gaz à l'état de pureté, il périt instantanément. Ainsi le chlore ne peut entretenir la vie des animaux.

L'eau absorbe le chlore avec une très grande rapidité lorsque le gaz est pur. L'absorption est beaucoup plus lente s'il est mêlé avec l'air ou tout autre gaz étranger. Suivant les expériences de Dalton, un volume d'eau, à la température et à la pression ordinaires, absorbe deux volumes de chlore. L'eau acquiert la couleur jaune-verdâtre, l'odeur désagréable, la saveur astringente et les propriétés blanchissantes du gaz lui-même.

Le chlore bien sec n'a encore pu être ni liquéfié, ni, à plus forte raison, solidifié par un abaissement de température; il résiste à un froid de 50°; il faut qu'il soit humide pour se congeler, et alors sa congélation a lieu même au-dessous de zéro.

Soumis à une excessive chaleur, il n'éprouve aucune altération. En adaptant une cornue de verre, où le gaz est produit à l'extrémité d'un tube de porcelaine qui traverse un fourneau plein de charbon, et alimenté d'air par un bon soufflet, le gaz sort du tube, possédant les mêmes propriétés qu'en y entrant; on peut le recueillir sur l'eau, au moyen d'un petit tube recourbé.

DE L'IODE.

L'iode n'a encore été trouvé que dans les eaux mères de la soude de varec. Cette substance fut découverte en 1813 par M. Courtois, salpétrier à Paris; mais c'est à M. Gay-Lussac qu'on doit la connaissance de la plupart de ses propriétés. Il en a

en effet écrit, d'après ses expériences, l'histoire presque complète; et c'est lui qui a prouvé le premier que ce nouveau corps avait une grande analogie avec le chlore, et pouvait être regardé comme simple.

On peut se procurer l'iode par le procédé suivant, qui est celui que proposa le premier le docteur Wollaston. On met en digestion dans l'eau de la soude de varec réduite en poudre, et on l'y laisse jusqu'à ce que l'eau se soit chargée de tout ce qu'elle contenait de soluble; on filtre ensuite la dissolution, et on l'évapore jusqu'à ce que tous les cristaux de muriate de soude qu'elle peut fournir en aient été séparés. On mêle alors l'eau mère avec de l'acide sulfurique; et après avoir fait bouillir pendant quelque temps ce mélange, on l'introduit dans une cornue de verre, en y ajoutant autant de peroxide de manganèse qu'on avait mis d'acide sulfurique dans le mélange; on chauffe ensuite doucement la cornue, à laquelle aura été adaptée une allonge, et à celle-ci un ballon; il s'élève aussitôt une vapeur d'une belle couleur violette, qui se condense dans l'allonge et dans le récipient en une matière noire brillante : cette substance est l'*iode*. Au lieu d'une dissolution de soude de varec, on peut employer des résidus de lessive des savonniers, lorsqu'on s'est servi de cette espèce de soude pour la fabrication du savon.

L'iode, à l'état solide est, suivant M. Gay-Lussac, d'un gris noir; mais sa vapeur est d'un très beau violet, couleur qui a fait proposer à M. Gay-Lussac de lui donner le nom qu'il porte. Son odeur est exactement celle du chlore affaibli; il se présente souvent en paillettes semblables à celles du fer micacé, quelquefois en lames rhomboïdales très larges et très brillantes. M. Gay-Lussac dit l'avoir obtenu en octaèdres allongés d'environ un centimètre de longueur. Sa cassure, quand il

est en masse, est lamelleuse et a un aspect gras; il est très tendre et très friable, et on peut le porphyriser : sa saveur est très âcre, quoique sa solubilité soit extrêmement faible; il tache profondément la peau en un jaune brun très foncé; mais cette couleur se dissipe peu à peu. Comme le chlore, il détruit les couleurs bleues végétales, quoique avec beaucoup moins d'intensité; l'eau dissout environ un sept millième de son poids, et se colore en jaune orange. Sa densité à 17 degrés centigrades est égale à 4,948; il se fond à 107 degrés centigrades, et se volatilise sous la pression de 76 centimètres de mercure à 175 ou à 180 degrés centigrades, d'après le résultat de deux expériences faites à cet effet dans deux circonstances différentes. A la vapeur de 100°, la vapeur de l'iode se mêle à la vapeur de l'eau en quantité aussi considérable dans des espaces égaux que dans le vide, et elle est entraînée dans les récipiens, où elle se condense. On pourrait même distiller l'iode à une température plus basse. L'iode ne paraît pas conduire le fluide électrique. M. Gay-Lussac annonce en avoir mis un très petit fragment dans une chaîne galvanique, et la décomposition de l'eau s'est arrêtée à l'instant.

M. Gay-Lussac annonce que d'après toutes les propriétés qu'il a reconnues à l'iode, il le considère comme un corps simple, et il le place entre le soufre et le chlore, parce qu'il a des affinités plus fortes que le premier, et plus faibles que le dernier.

DE L'AZOTE.

L'azote, que quelques chimistes appellent aussi nitrogène, peut s'obtenir en mettant de la limaille de fer et du soufre mêlés et pétris ensemble avec de l'eau, dans un ballon de verre rempli d'air. Tout l'oxigène de cet air est absorbé dans peu

de jours par le mélange; mais il en reste encore une portion considérable, qui n'est plus susceptible d'éprouver de diminution; c'est à ce résidu de l'air entièrement dépouillé de son oxigène, qu'on a donné le nom de *gaz azote*. On peut se le procurer d'une manière plus prompte par d'autres moyens. Si, par exemple, au lieu de la limaille de fer et de soufre, on met du phosphore dans le vaisseau rempli d'air, l'oxigène est complétement absorbé en moins de vingt-quatre heures, à la température d'environ 16 degrés centigrades. Berthollet a indiqué le premier le moyen d'obtenir du gaz azote très pur, en soumettant un morceau de chair musculaire à l'action de l'acide nitrique étendu d'eau, à une chaleur d'environ 38 degrés centigrades, et en recevant dans des vaisseaux convenables le gaz qui s'en dégage en abondance. En mêlant ensemble, dans un vaisseau sur l'eau, 100 mesures d'air ordinaire, et 80 mesures de gaz nitreux, le mélange acquerra une couleur rouge brunâtre, il en sera absorbé une partie par l'eau, et il restera 79 mesures de gaz azote pur. Cette méthode est la plus facile, lorsqu'on veut se procurer du gaz azote pour des expériences.[1]

Le gaz azote fut découvert, en 1772, par le docteur Rutherfold, professeur de botanique à l'université d'Édimbourg; Lavoisier, dont les expériences sur le gaz furent publiées en 1773, nous le fit connaître le premier, comme une des parties constituantes de l'air atmosphérique. Schéele l'obtint en 1777, par le mélange de la limaille de fer et du soufre, et le reconnut, dès cette époque, pour être un gaz distinct.

Le gaz azote est invisible et élastique comme l'air, dont il a les propriétés mécaniques. Il est contenu pour environ les 0,79 en volume dans l'air atmosphérique. Il n'a pas d'odeur; sa pesan-

teur spécifique est, suivant MM. Biot et Arago, de 0,9691.

Le gaz azote ne peut être respiré par les animaux sans qu'ils soient suffoqués; ceux qu'on y plonge périssent très promptement : c'est par cette raison qu'on a donné à cette substance le nom d'*azote*, qui signifie « destructif de la vie. »

Aucun combustible ne peut brûler dans ce gaz; c'est pourquoi la bougie qu'on allume dans une portion renfermée d'air atmosphérique s'y éteint dès que l'oxigène que cet air contient est consumé.

Le gaz azote n'est pas sensiblement absorbé par l'eau, et nous ne connaissons aucun liquide qui ait la propriété de le condenser. Le docteur Henry s'est assuré qu'en dépouillant préalablement l'eau de tout l'air qu'elle peut contenir, un décimètre cube de cette eau ne peut absorber que 14,6 centimètres cubes de gaz azote à la température de 15 à 16 degrés centigrades.

Le gaz azote est dilaté par la chaleur; le froid le condense, mais sans le faire changer d'état; son pouvoir refringent est faible.

DES MÉTAUX.

On peut considérer les métaux comme les principaux instrumens des progrès et du perfectionnement des sciences et des arts, dont la plupart n'auraient jamais existé sans eux. Les anciens avaient tellement reconnu leur grande importance, qu'ils élevèrent au rang des dieux les premiers inventeurs de l'art de les travailler. Ils ont toujours formé une branche essentielle de la chimie, dont toute la science consistait, à une certaine époque, dans la connaissance et l'examen des métaux; on peut même dire, avec vérité, qu'on

doit en attribuer l'origine à l'espèce de fureur avec laquelle les savans d'alors entreprirent d'opérer la formation et la transmutation des métaux.

1. Une des propriétés les plus remarquables des métaux est l'aspect brillant qui leur est particulier, qu'on a désigné par le nom d'*éclat métallique*. Il y a d'autres corps (le *mica* par exemple) qui jouissent en apparence de cette propriété; mais cet éclat n'appartient qu'à leur surface seulement, et il disparaît dès qu'on les racle, tandis que les métaux le conservent dans toutes leurs parties. Cet éclat est dû à la faculté qu'il ont de réfléchir beaucoup plus puissamment la lumière que tout autre corps, faculté qui semble en partie résulter de leur texture plus serrée, et qui les rend particulièrement convenables pour les miroirs, dont ils forment toujours la base.

2. Les métaux sont parfaitement opaques ou imperméables à la lumière, lors même qu'ils sont réduits à leurs plus petites parties. Une feuille d'argent, par exemple, de 0,00025 de millimètre d'épaisseur, ne laisse pas passer le plus petit rayon de lumière. L'or n'est cependant pas absolument opaque, car en tenant une feuille d'or battu, réduite à 0,00009 de millimètre d'épaisseur, suspendue entre l'œil et la lumière, elle paraît d'un vert assez vif, et transmet par conséquent, ainsi que Newton l'a remarqué le premier, les rayons verts. Il n'est pas invraisemblable, et ce philosophe le pensait ainsi, que tous les autres métaux ne fussent susceptibles de transmettre la lumière, si nous avions en notre pouvoir des moyens capables de les amincir suffisamment. Cette opacité des métaux contribue en partie à les rendre particulièrement propres à la confection des miroirs; leur brillant seul ne suffirait pas pour remplir convenablement cet objet.

3. Les métaux se fondent à l'aide de la chaleur,

et ils conservent même encore, lorsqu'ils sont fondus, leur opacité. On peut, lorsqu'ils sont dans cet état, les jeter en moules, et leur donner telle forme qu'on désire. C'est ainsi qu'on fait un grand nombre d'ustensiles en fer de forme élégante. Ils diffèrent considérablement entre eux dans leur degré de fusibilité. Le mercure jouit de cette propriété à un tel point, qu'il est constamment fluide à la température ordinaire de l'atmosphère; tandis que d'autres métaux, comme le platine, par exemple, ne peuvent être fondus que par la plus violente chaleur qu'il soit possible de produire.

4. La pesanteur spécifique des métaux est excessivement variable, est cependant beaucoup plus considérable que celle de toute autre classe de corps à présent connus. La plupart des métaux sont plus pesans qu'aucune autre des substances déja examinées. Cette propriété, en effet, avait été considérée, jusqu'à ces derniers temps, comme un caractère distinctif pour tous; mais plusieurs des métaux très singuliers qui ont été découverts par Davy sont moins pesans que l'eau, et par conséquent beaucoup plus légers que la plupart des corps pierreux. Le platine, le plus pesant des métaux, l'est 21,5 fois plus que l'eau; tandis que la pesanteur spécifique du potassium n'excède pas de beaucoup celle de 0,6, la pesanteur spécifique de l'eau étant 1.

5. Ce sont, de tous les corps essayés jusqu'à présent, les meilleurs conducteurs de l'électricité.

6. Parmi les métaux, il n'y en a aucun de très dur; mais la dureté de quelques uns d'entre eux peut être augmentée par l'art, au point d'excéder celle de presque tous les autres corps. C'est ainsi que les modernes sont parvenus à se procurer avec l'acier un grand nombre d'instrumens tranchans que les anciens faisaient avec une combinaison de cuivre et d'étain.

7. L'élasticité des métaux dépend de leur dureté, et peut être augmentée de même par l'art. Ainsi l'acier, dont sont faits les ressorts de montres, est presque parfaitement élastique, quoique le fer, dans son état naturel, ne le soit que très peu.

8. Mais l'une des propriétés les plus importantes des métaux est leur *malléabilité*. En les soumettant à l'action d'un marteau, nous pouvons les aplatir, les étendre. Cette propriété, particulière aux métaux, nous fournit les moyens de leur donner telle forme qu'il nous plaît et d'en faire aisément les divers instrumens propres à nos besoins. Tous les métaux cependant ne jouissent pas de cette propriété; mais il est à remarquer que presque tous ceux qui furent connus des anciens l'avaient. Elle est considérablement augmentée par la chaleur. Les métaux deviennent plus durs et plus denses par l'effet du marteau.

9. Une autre propriété d'un grand nombre de métaux est la *ductilité*, au moyen de laquelle on peut les allonger en fils, en les forçant à passer par des trous de différens diamètres.

10. Cette propriété de ductilité dans les métaux dépend en quelque sorte de celle de *ténacité* dont ils jouissent aussi, et au moyen de laquelle un fil métallique d'une grosseur donnée peut résister, sans se rompre, à l'effort d'un poids suspendu à l'une de ses extrémités. Les métaux diffèrent beaucoup entre eux en ténacité. Un fil de fer, par exemple, de 2,5 millim. environ de diamètre, pourra supporter sans se rompre un poids d'environ 226 kilogrammes, tandis qu'un poids de 13 kilogrammes fera rompre un fil de plomb de même diamètre.

On peut dire que la branche de la chimie qui traite des métaux doit un assez grand nombre de découvertes aux alchimistes. Cependant ces découvertes sont loin d'égaler celles qui ont été faites

depuis trente et quelques années ; c'est, en effet, depuis cette époque, que la plupart des métaux ont été trouvés; et tandis qu'avant le quinzième siècle, il n'y en avait que sept de connus, l'or, l'argent, la fer, le cuivre, le plomb, l'étain et le mercure, nous en connaissons aujourd'hui trente-neuf.

Les métaux, dit M. Thénard, ne doivent point être étudiés dans un ordre arbitraire; autrement leur étude offrirait de grandes difficultés. Ce savant en établit la division en six sections, fondées sur l'affinité que ces corps ont pour l'oxigène.

Dans la première section, il place ceux qui n'ont point encore pu être réduits et qui ne sont admis au rang des métaux que par analogie, ou, parce que les métaux dont on les extrait ont les plus grands rapports avec les oxides métalliques; ces métaux sont au nombre de sept, savoir : le magnésium, le glucinium, l'yttrium, l'aluminium, le thérinium, le zirconium, le silicium.

Il met dans la deuxième section ceux qui ont la propriété d'absorber le gaz oxigène à la température la plus élevée, et de décomposer subitement l'eau à la température ordinaire, en s'emparant de son oxigène, et en dégageant son hydrogène avec une vive effervescence; cinq sont dans ce cas : le calcium, le strontium, le barium, le rhodium et le potassium.

La troisième section, il la compose des métaux qui ont la propriété d'absorber le gaz oxigène à la température la plus élevée, comme ceux des deux premières sections, mais de ne décomposer l'eau qu'à l'aide de la chalaur rouge. Cette section comprend quatre métaux : le manganèse, le zinc, le fer et l'étain.

M. Thénard forme la quatrième section des métaux qui, comme les précédens encore, peuvent absorber le gaz oxigène à la température la plus élevée, mais qui ne décomposent l'eau ni à froid

ni à chaud; cette section, la plus nombreuse, renferme quinze métaux, savoir : l'arsenic, le molybdène, le chrome, le tungstène, le columbium, l'antimoine, l'urane, le cérium, le cobalt, le titane, le bismuth, le cuivre, le tellure, le nickel et le plomb. M. Thénard établit, dans cette section, deux subdivisions : dans la première, il place les cinq premiers métaux, qui sont acidifiables; et dans la seconde les huit autres, qui ne sont qu'oxidables.

Dans la cinquième section seront compris les métaux qui ne peuvent absorber le gaz oxigène qu'à un certain degré de chaleur, et qui ne peuvent point opérer la décomposition de l'eau; leurs oxides se réduisent nécessairement à une température élevée : le mercure, l'osmium, composent cette section. Enfin la sixième section sera formée des métaux qui ne peuvent absorber le gaz oxigène et décomposer l'eau à aucune température, et dont les oxides se réduisent au-dessous de la chaleur rouge. Ces métaux sont au nombre de six, savoir : l'argent, le palladium, le rhodium, le platine, l'or et l'iridium.

Dans l'impossibilité où nous nous trouvons, d'après la nature de cet ouvrage, de présenter ici séparément une description détaillée de chacun des trente-neuf métaux qui composent cette classe de corps, nous avons pensé que leur division en sections telle que l'a adoptée M. Thénard pourrait jusqu'à un certain point y suppléer d'une manière satisfaisante, puisque l'objet de ce savant a été, ainsi qu'il l'annonce, de les ranger, autant que possible, suivant l'ordre de leur plus grande affinité pour l'oxigène, non seulement dans les sections les unes par rapport aux autres, mais encore dans chaque section en particulier. Nous devons, cependant, ajouter à cet égard, que M. Thénard a fait observer, en note, que sa classification sera

sans doute modifiée par la suite relativement au rang qu'occupent entre eux les métaux de chaque section, car nous ne connaissons pas bien le degré d'attraction de ces corps pour l'oxigène. Il est probable même que l'on fera passer quelques métaux d'une section dans une autre.

DES OXIDES.

On désigne en général par le terme d'*oxide* toute substance combinée avec une quantité d'oxigène, qui ne suffit pas pour la faire passer à l'état d'*acide*.

L'oxigène forme avec les corps combustibles des combinaisons binaires, ternaires, quaternaires, et rarement plus compliquées. Nous ne nous occuperons ici que de ces premières combinaisons, qui constituent les oxides et la plupart des acides minéraux.

DES OXIDES BINAIRES NON MÉTALLIQUES.

Ces oxides sont au nombre de six : l'eau, ou l'oxide d'hydrogène, l'oxide de phosphore, l'oxide de carbone, l'oxide de chlore, le protoxide et le deutoxide d'azote.

DE L'OXIDE D'HYDROGÈNE.

Nous avons déjà précédemment parlé de cet oxide en traitant de l'eau, le seul oxide d'hydrogène jusqu'à présent connu.

DE L'OXIDE DE PHOSPHORE.

Cet oxide est solide, blanc, insipide; son odeur ressemble à celle du phosphore; sa pesanteur spécifique n'a point été déterminée.

Il entre moins facilement en fusion que le phosphore, brûle rapidement dans le gaz oxigène et

dans l'air, pour peu qu'on le chauffe : il ne se dissout point dans l'eau.

Cet oxide n'existe point dans la nature; on le prépare en mettant le phosphore à la température ordinaire sous forme de cylindre d'un petit diamètre, dans un flaçon presque plein d'eau, en renouvelant l'air de temps en temps; le phosphore perd peu à peu sa transparence, et se recouvre d'une croûte blanche qui n'est autre chose que l'oxide que l'on cherche à obtenir; il se forme en même temps une certaine quantité d'acide phosphorique, qui reste en dissolution.

Lorsqu'on s'est servi de phosphore à plusieurs reprises pour faire des analyses d'air, que ce corps paraît impur et qu'on le distille dans une petite cornue de verre, l'on obtient pour résidu une matière rouge qui ne paraît être que de l'oxide de phosphore. En brûlant rapidement dans l'air, le phosphore donne également lieu à un semblable résidu. Les propriétés de cet oxide sont sensiblement les mêmes que celles de l'oxide blanc. M. Thénard paraît être d'opinion que les deux oxides ne diffèrent l'un de l'autre qu'en ce que le blanc contiendrait de l'eau et serait un hydrate.

DE L'OXIDE DE CARBONE.

Si l'on chauffe au rouge, dans une cornue de fer, un mélange à parties égales de limaille de fer et de craie, ces substances ayant été desséchées l'une et l'autre, autant que possible, il se dégage en grande abondance un gaz, consistant en partie en gaz acide carbonique, et, pour le surplus, en une espèce d'air inflammable pesant; lorsqu'on sépare l'acide carbonique par l'eau de chaux, on obtient le gaz inflammable à l'état de pureté. Ce fut le docteur Priestley qui se procura le premier ce gaz; mais les expériences de Cruikshanks sur ce

gaz nous firent connaître sa composition et ses propriétés. MM. Clément et Desormes, Guyton-Morveau et Berthollet, l'examinèrent aussi bientôt après; ces chimistes lui donnèrent le nom de *gaz oxide de carbone*, et Cruiskshanks a fait voir que c'est un composé d'oxigène et de carbone. Le gaz oxide de carbone a les propriétés mécaniques de l'air. Sa pesanteur spécifique est de 0,96783. Il ne rougit point la teinture de tournesol; il éteint les corps en combustion, et fait périr promptement les animaux qui le respirent.

Le gaz oxide de carbone n'éprouve aucune altération au plus haut degré de chaleur; il n'est point non plus altéré par l'électricité. Le gaz oxide de carbone brûle avec une flamme d'un bleu foncé, ne donnant que peu de lumière. Lorsqu'après l'avoir mêlé avec le gaz oxigène, on fait passer l'étincelle électrique à travers le mélange, il détone. Cent mesures de ce gaz exigent, pour leur combustion complète, cinquante mesures de gaz oxigène, et le produit est cent mesures de gaz acide carbonique. Il s'ensuit que le gaz oxide de carbone contient exactement la moitié du gaz oxigène qui existe dans un même volume de gaz acide carbonique.

L'action du gaz oxide de carbone sur l'air est la même que sur le gaz oxigène, si ce n'est qu'elle est moins vive; il s'ensuit qu'en plongeant une bougie allumée, pleine de gaz oxide de carbone, ce gaz doit s'enflammer, et donner lieu à du gaz acide carbonique.

DE L'OXIDE DE CHLORE.

C'est à sir Humphry Davy qu'on doit la découverte du gaz oxide de chlore.

Lorsqu'après avoir introduit du chlorate de potasse dans une petite cornue de verre, on verse

par-dessus de l'acide muriatique (hydro-chlorique), il y a effervescence et dégagement abondant d'un gaz de couleur jaune verdâtre ; si l'acide hydro-chlorique qu'on emploie est affaibli en l'étendant d'eau, si le sel est en grand excès relativement à l'acide, et enfin si l'on chauffe doucement, il se dégage très lentement un gaz, qu'on peut recueillir dans de petites cloches sur le mercure. Lorsque le gaz a été ainsi préparé, il convient de le laisser pendant vingt-quatre heures en contact avec le mercure ; car, lors de sa formation, il contient toujours une assez grande quantité de gaz chlore mêlé avec lui, qui en déguise et en altère sensiblement les propriétés. Le mercure peut absorber et s'unir avec le chlore, tandis qu'il n'a aucune action sur le nouveau gaz. Le mercure en sépare donc par degré tout le chlore, et laisse le gaz nouvellement formé à l'état de pureté C'est à ce gaz, ainsi préparé par sir Davy, qui le découvrit en 1811, que ce savant donna le nom d'*enchlorine*.

La couleur de l'enchlorine est beaucoup plus intense et plus jaune que celle du chlore. Ce gaz, contenu dans un petit tube de verre, conserve encore une teinte très vive de jaune, lorsque, dans le même cas, celle du chlore est à peine sensible.

L'oxide de chlore, ou l'enchlorine, est toujours à l'état de gaz ; son odeur ressemble beaucoup à celle du sucre brûlé, mêlée cependant avec l'odeur du chlore ; ce qui paraît être dû à la présence d'une petite portion de chlore, tant il est difficile d'enlever complétement ce gaz à l'enchlorine.

Lorsqu'on chauffe doucement un vaisseau rempli d'enchlorine, il se fait une explosion, et le gaz est décomposé dans un mélange de ses élémens, le chlore et le gaz oxigène. Il suffit d'une très légère chaleur pour produire cette explosion ; quelquefois même elle a lieu par la chaleur de la main, mais alors elle est faible. D'après les expé-

riences de sir Davy, cinq volumes de cet oxide de chlore en deviennent six par la décomposition de cinquante parties de gaz ainsi décomposé; l'on retire quarante parties de chlore et vingt parties de gaz oxigène. L'expérience doit être faite sur le mercure, pour pouvoir recueillir les produits.

L'oxide de chlore rougit d'abord les couleurs bleues, et les détruit ensuite. Sa pesanteur spécifique, calculée d'après sa décomposition, est de 2,379.

DU PROTOXIDE D'AZOTE.

Le protoxide d'azote, découvert par Priestley en 1772, et examiné successivement par différens chimistes, surtout par Berthollet en 1785, par sir Humphry Davy en 1799, et par MM. Gay-Lussac et Thénard, peut s'obtenir de la manière suivante: On expose à la flamme d'une lampe d'Argand, dans une cornue de verre, le sel appelé *nitrate d'ammoniaque;* quand la température s'approche de 200 degrés centigrades, un nuage blanchâtre commence à s'étendre dans le col de la cornue, accompagné d'un dégagement abondant de gaz, que, pour des recherches exactes, on doit recueillir sur le mercure; mais qui, pour les expériences ordinaires, peut être reçu sur l'eau. Ce gaz a toutes les propriétés physiques de l'air atmosphérique. Sa saveur est douce, son odeur faible et agréable; et l'eau, préalablement dépouillée d'air atmosphérique, peut en condenser à peu près son propre volume; propriété qui fournit le moyen d'en déterminer la pureté. Quand on plonge dans ce gaz une bougie allumée, elle y brûle avec un grand éclat, et la flamme est entourée d'une auréole bleuâtre. On peut respirer le gaz protoxide d'azote; mais il n'est pas propre à entretenir la vie. Sir Humphry Davy a fait connaître le premier que lorsqu'on en respire, pendant deux ou trois minutes,

quelques litres qu'on a renfermés dans une vessie, on éprouve des effets analogues à ceux que produit la boisson de liqueurs fermentées ; les effets sont cependant différens, comme on devait s'y attendre, suivant la diversité des tempéramens.

Ce gaz, désigné d'abord par le nom de *gaz nitreux déphlogistiqué*, et, quelque temps après, par ceux d'*oxide nitreux*, d'*oxide d'azote*, d'*oxidule d'azote*, ne doit plus l'être, pour éviter toute confusion, que par la dénomination de *gaz protoxide d'azote*. Sa pesanteur spécifique est de 1,5204.

DU DEUTOXIDE D'AZOTE.

La découverte du deutoxide d'azote est due à Hales; mais ce fut Priestley qui fit connaître le premier, en 1722, la plupart de ses propriétés; il a été examiné depuis par sir Humphry Davy et par M. Gay-Lussac.

On peut l'obtenir en versant dans une cornue de verre, contenant des tournures de cuivre, de l'acide nitrique, étendu de six ou huit fois son poids d'eau. En chauffant légèrement, il se développera un gaz, qu'on peut recevoir sur l'eau, mais que, pour des expériences exactes, on devra recueillir sur le mercure.

Le deutoxide d'azote, que plusieurs chimistes appellent encore *gaz nitreux*, *oxide nitreux*, *oxide nitrique*, *oxide d'azote*, est toujours à l'état de gaz, sans couleur, probablement sans odeur, sans action sur la teinture de tournesol. Ce gaz éteint les corps en combustion, et asphyxie les animaux qui le respirent. Sa pesanteur spécifique est de 1,0388.

Ce gaz est décomposé par la chaleur et l'électricité, de même que le protoxide.

Lorsqu'on ouvre dans l'air atmosphérique un flacon contenant du gaz deutoxide d'azote, il se forme à l'instant des vapeurs rouges, dues à l'ab-

sorption de l'oxigène et à la formation d'acide nitreux. Quand on force un animal à respirer ce gaz, il périt instantanément, à cause de la formation de cet acide et de la condensation de l'oxigène dans ses poumons.

Le deutoxide d'azote est décomposé par plusieurs métaux, lorsqu'on les chauffe dans le gaz. Le charbon, chauffé au rouge dans le gaz par le moyen d'un verre ardent, produit un demi-volume d'azote et un demi-volume d'acide carbonique. Toutes ces expériences analytiques se réunissent pour faire voir que le deutoxide d'azote consiste en oxigène et azote à volumes égaux.

DE LA COMBUSTION.

Il n'y a peut-être pas, dit le docteur Thomson, de phénomène plus étonnant en lui-même, plus intéressant sous le rapport de son utilité, et qui ait attiré plus particulièrement l'attention des chimistes, que la *combustion*. Lorsqu'on chauffe une pierre ou une brique, ces corps n'éprouvent d'autre changement qu'une élévation dans leur température; lorsqu'ils sont abandonnés à eux-mêmes, ils se refroidissent aussitôt, et reviennent à leur premier état; mais il n'en est pas ainsi des corps combustibles. Lorsqu'ils ont été chauffés à un certain point, à l'air, ils deviennent très promptement beaucoup plus chauds qu'ils n'étaient; ils continuent à l'être ainsi pendant un temps considérable, en envoyant aux corps environnans un courant abondant de calorique et de lumière. Cette émission, après une certaine période, commence à diminuer, et à la fin elle cesse totalement. Le combustible a éprouvé alors le changement le plus complet: il est converti en une substance qui a des propriétés très différentes, et qui n'est plus susceptible de combustion. Ainsi, lorsqu'on tient pendant quelque temps du charbon de bois à la

température de 427° centigrades, il s'allume, devient d'une chaleur intense, et donne pendant long-temps du calorique et de la lumière. Lorsque cette émission cesse, le charbon a totalement disparu, à l'exception d'un résidu peu considérable de cendres. Il a été presque entièrement converti en gaz acide carbonique, qui s'est dégagé, si l'expérience ne se fait pas dans des vaisseaux propres à le recevoir. Si on a recueilli ce gaz, on trouve que son poids excède de beaucoup celui de la totalité du charbon consumé.

On essaya dès lors de donner l'explication de la combustion, et il fut établi diverses théories sur les phénomènes qu'elle présente. Le docteur Hooke en proposa une en 1665, qui fut adoptée dix ans après par Mayow. Il en parut bientôt une autre, d'un genre très différent. Proposée d'abord par Beccher, elle fut depuis présentée par son disciple Sthal, avec tant d'habileté, et appuyée de preuves si convaincantes, qu'elle fut aussitôt presque généralement adoptée. Cependant cette théorie de Sthal avait été successivement modifiée par Macquer, par Priestley, par Crawford, lorsque Kirwan entreprit de lever l'incertitude que cette théorie laissait encore sur la nature du phlogistique, et de prouver que le phlogistique était la même chose que l'hydrogène. Cette opinion, que Kirwan annonça lui avoir été suggérée par les découvertes du docteur Priestley, fut accueillie avec une grande faveur, et entièrement adoptée, ou admise avec certaines modifications, par Bergman, Guyton-Morveau et un assez grand nombre d'autres chimistes.

Mais, pendant qu'on modifiait ainsi, de diverses manières, la théorie de Sthal sur la combustion, l'illustre Lavoisier s'occupait avec assiduité d'en étudier les phénomènes. Il semble s'être particulièrement attaché à ce sujet, et avoir bien reconnu

toutes les imperfections de la théorie qui prévalait alors, en 1770; mais il déduisit ses premières notions précises sur la nature de la combustion, d'un Mémoire de Bayen, sur les oxides de mercure, dont il entendit la lecture à l'Académie, en 1774. Il travailla sur ces premières notions, ou plutôt sur ces conjectures, avec un zèle infatigable, aidé des nombreuses découvertes qui se faisaient alors de tous côtés sur ce sujet, et par une longue suite d'expériences et de recherches les plus exactes et les plus intéressantes qui eussent jamais été faites en chimie, il parvint à établir pleinement l'existence de cette loi générale : « Dans tout cas de combustion, l'oxigène se combine avec le corps qui brûle. » Cette insigne découverte, fruit du génie, de la sagacité et de la pénétration, a répandu un nouveau jour sur chaque branche de la chimie. Elle a rassemblé et expliqué un grand nombre de faits auparavant isolés, ou dont on n'avait pu rendre raison, et a refondu le tout dans la forme d'une science.

Quoique Lavoisier se fût convaincu par lui-même de l'existence de cette loi générale, et qu'en la publiant il en eût fourni la preuve au monde, il ne pût cependant parvenir, pendant quelque temps, à la faire reconnaître par aucun savant, malgré tout le poids de ses grands talens, de son infatigable application, et l'influence que devaient naturellement lui donner sa réputation, sa fortune et sa position. Enfin Berthollet, dans une assemblée de l'Académie des Sciences, en 1785, renonça formellement à ses anciennes opinions, et se déclara converti. Fourcroy, professeur de chimie à Paris, suivit son exemple; et dans un voyage que Morveau fit dans cette capitale, en 1787, il se détermina également à abandonner ses premières opinions pour celles de Lavoisier. L'exemple de ces hommes célèbres fut promptement suivi par tous les jeunes chimistes de France.

L'explication que donna Lavoisier des phénomènes de la combustion, était fondée sur ces deux lois trouvées par lui et par le docteur Black. Lorsqu'un corps combustible est élevé à une certaine température, il commence à se combiner avec l'oxigène de l'atmosphère; et cet oxigène, pendant que la combinaison a lieu, abandonne le calorique et la lumière avec lesquels il était uni dans son état gazeux. C'est cette séparation du calorique et de la lumière d'avec l'oxigène qui produit leur manifestation dans tous les cas de combustion, comme c'est aussi de cette combinaison du corps combustible avec l'oxigène que résulte le changement qu'il éprouve alors.

Ainsi Lavoisier rendait raison de la cause et des effets de la combustion sans avoir recours au phlogistique, dont on n'avait supposé l'existence que pour parvenir à l'expliquer : car aucun chimiste n'avait pu en fournir la preuve, ni présenter séparément ce principe. Et il prouvait qu'il n'y avait aucune raison pour supposer qu'un tel principe pût exister.

Mais Kirwan avait avancé que le phlogistique était la même chose que l'hydrogène; et, comme on ne pouvait douter que ce dernier principe n'existât réellement, il fallait encore, pour renverser son hypothèse, prouver qu'il n'est pas une des parties composantes de tout corps combustible, et qu'il n'en est pas séparé dans tous les cas de combustion; c'est à quoi Lavoisier, et ceux qui partageaient déjà son opinion, crurent devoir particulièrement s'attacher. L'Essai de Kirwan fut en conséquence traduit en français, et chacune des sections dans lesquelles cet ouvrage était divisé fut examinée et critiquée séparément, savoir : quatre par Lavoisier, trois par Berthollet, trois par Fourcroy, deux par Morveau et une par Monge; et, pour rendre justice aux chimistes français, il faut convenir que jamais réfutation ne fut plus com-

plète. Kirwan lui-même, avec cette candeur qui distingue les esprits supérieurs, n'hésita pas à reconnaître que son opinion n'était plus soutenable, et à déclarer qu'il se rangeait à celle de Lavoisier.

Ainsi Lavoisier détruisit entièrement l'existence du phlogistique, et établit une théorie de la combustion, qui se rapprochait de très près de celle qui avait été proposée long-temps auparavant par le docteur Hooke. La théorie du docteur Hooke n'est exprimée qu'en termes généraux; celle de Lavoisier est plus particulièrement exposée, et avec beaucoup plus de précision. La théorie du docteur était une hypothèse de conjecture heureuse, que l'enfance de la science ne lui permit pas de vérifier; tandis que Lavoisier fut amené à ses conclusions par des expériences exactes, d'où il tira, en maître, une suite d'ingénieuses déductions.

Suivant cette théorie de Lavoisier, généralement admise actuellement, et considérée par les chimistes comme la véritable explication des phénomènes de la combustion, elle consiste en deux choses : d'abord dans une décomposition et ensuite dans une combinaison. L'oxigène de l'atmosphère, dans son état de gaz, est combiné avec le calorique et la lumière. Pendant la combustion, ce gaz est *décomposé;* le calorique et la lumière s'en dégagent, tandis que sa base *se combine* avec le combustible, et forme le produit. Ce produit est incombustible, parce que sa base étant déjà saturée d'oxigène, elle ne peut plus en prendre davantage. Tel est, en raccourci, le détail historique des perfectionnemens successivement introduits dans cette partie intéressante de la chimie. Qu'il nous soit actuellement permis de nous étendre plus particulièrement sur ce sujet.

On entend par combustion, le changement total qui s'opère dans la nature des corps combustibles, avec émission abondante de calorique et de

lumière. Dans toute théorie de la combustion, on doit exposer la manifestation de ces deux phénomènes, et en rendre raison.

Lavoisier expliqua de la manière la plus sasisfaisante le premier de ces phénomènes. Il démontra que, dans tous les cas de combustion, l'oxigène se combine avec le corps brûlant, et que la substance qui reste, après qu'elle a cessé d'avoir lieu, est le composé formé par cette combinaison du corps combustible avec l'oxigène; mais il ne réussit pas aussi bien à expliquer le second phénomène, le dégagement du calorique et de la lumière pendant la combustion. Il ne parut pas même y avoir fait beaucoup d'attention, parce qu'il regardait la combinaison de l'oxigène avec le corps brûlant comme la partie importante et essentielle de l'acte de la combustion. Aussi a-t-on considéré, depuis, les expressions d'*oxigénation* et de *combustion* comme synonymes : cependant il s'en faut de beaucoup qu'elles le soient; car l'oxigène s'unit souvent aux corps, comme à l'azote, au chlore et au mercure, sans qu'il y ait dégagement de calorique ou de lumière; et ce dégagement est considéré comme étant essentiel à la combustion dans le langage ordinaire. L'union de l'oxigène sans dégagement diffère beaucoup, et dans les phénomènes et dans le produit, de l'union de ce principe, accompagnée de dégagement; il convient donc de les distinguer. J'emploie dans cet ouvrage le terme *combustion* dans son acception ordinaire.

Lavoisier eut recours à la théorie du docteur Crawford, pour rendre raison de l'émission de calorique et de lumière qui constitue en partie les phénomènes de la combustion.

Le calorique et la lumière unis à l'oxigène à l'état de gaz, s'en séparent lorsqu'il perd cet état pour se combiner avec le corps combustible; mais si cette explication est en général assez satisfaisante pour les cas ordinaires, il en est d'autres

auxquels elle ne peut convenir. Le calorique et la lumière sont supposés se combiner avec l'oxigène de l'atmosphère, parce qu'il est à l'état gazeux, et s'en séparer, parce qu'il perd cet état de gaz. Mais les combinaisons de l'oxigène, lorsqu'il est solide ou liquide, produisent des combustions aussi violentes que lorsqu'il est à l'état gazeux. Si, par exemple, on verse de l'acide nitrique sur de l'huile de lin ou de térébenthine, il y a combustion très rapide, et dégagement très considérable de calorique et de lumière. Ici, l'oxigène fait partie de l'acide nitrique liquide, et il était déjà combiné avec l'azote; c'est-à-dire que l'azote, suivant les chimistes français, avait éprouvé la *combustion :* or, dans ce cas, non seulement l'oxigène était à l'état liquide, mais encore il a éprouvé le changement produit par la *combustion ;* il en résulterait donc que l'oxigène peut donner du calorique et de la lumière, non seulement lorsqu'il est liquide, mais même après la combustion; ce qui est directement contraire à la théorie.

Tous les corps de la nature peuvent être divisés, relativement à ce qui concerne la combustion, en trois classes; savoir, les corps qui l'entretiennent, ou qui en sont les *soutiens*, les *combustibles* et les *incombustibles*.

Par *soutiens* de la combustion, le docteur Thomson entend désigner les substances qui, strictement parlant, ne sont pas susceptibles de l'éprouver, mais dont la présence est indispensablement nécessaire pour qu'elle ait lieu.

Les corps combustibles et incombustibles n'ont pas besoin d'être définis.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE.

DE L'IMPRIMERIE DE CRAPELET,
rue de Vaugirard, n° 9.

COLLECTION
DE
MANUELS
FORMANT UNE
ENCYCLOPÉDIE
DES SCIENCES ET DES ARTS.

Format in-18.

Depuis que les sciences exactes ont, par leur application à l'agriculture et aux arts, contribué si puissamment au développement de l'industrie agricole et de l'industrie manufacturière, leur étude est devenue un besoin pour toutes les classes de la société; les mathématiques, la physique, la chimie, sont des sciences qu'il n'est plus permis d'ignorer; aussi les traités de ce genre sont-ils aujourd'hui dans les mains des artisans et dans celles des gens du monde : mais on a généralement reconnu que la cherté de ces sortes de livres est un grand empêchement à leur propagation, et que leur rédaction n'a pas

toujours la clarté et la simplicité nécessaires pour faire pénétrer promptement dans l'esprit les principes qu'ils exposent. C'est pour remédier à ces deux inconvéniens que nous avons pris le parti de publier sous le titre de *Manuels* des traités vraiment élémentaires, dont la réunion formera une Encyclopédie portative des sciences et des arts, dans laquelle les agriculteurs, les fabricans, les manufacturiers et les ouvriers en tout genre trouveront tout ce qui les concerne, et par là seront à même d'acquérir à peu de frais toutes les connoissances qu'ils doivent avoir pour exercer avec fruit leur profession.

Les professeurs, les élèves, les amateurs et les gens du monde, pourront y puiser des connaissances aussi solides qu'instructives.

Plusieurs de nos Manuels sont arrivés en peu de temps à une troisième et même à une quatrième édition ; un si grand succès est preuve évidente de leur utilité : anssi sommes-nous décidés à en continuer la publication avec toute la célérité possible ; la rédaction des volumes à faire paraître est fort avancée, et nous croyons pouvoir promettre que cette intéressante collection sera terminée avant peu.

Tous les Traités se vendent séparément.

Les suivans sont en vente; les autres paraîtront successivement. Pour les recevoir franc de port on ajoutera 50 *cent. par volume in*-18.

Manuel d'Astronomie, ou Traité élémentaire de cette science d'après l'état actuel de nos connaissances; contenant l'Exposé complet du système du Monde, basé sur les travaux les plus récens et les résultats qui dérivent des recherches de M. *Pouillet* sur la Température du Soleil, et de celles de M. *Arago* sur la densité de la partie extérieure de cet astre, par M. *Bailly*, membre de plusieurs sociétés savantes. Un vol. in-18, orné de planches. 1825. 2 fr. 50 c.

Manuel théorique et pratique du Brasseur, ou l'Art de faire toutes sortes de bière: contenant tous les procédés de cet art, suivi d'un exposé des altérations frauduleuses de la bière, et les moyens de les découvrir, traduit de l'anglais de Accum, par M. Riffault. Un volume in-18, 1825. 2 fr. 50 c.

Ce volume, le plus portatif, est aussi le plus complet des ouvrages sur la bière. L'auteur a su, dans un style concis, le mettre à la portée de tout le monde.

Manuel du Chasseur et des Garde-chasses, contenant un traité sur toutes les chasses, un vocabulaire des termes de vénerie, de fauconnerie et de chasse; les lois, ordonnances de police, etc., sur le port d'armes, la chasse, la pêche, la louveterie; les formules des procès-verbaux qui doivent être dressés par les garde-chasses, forestiers et champêtres, suivi d'un Traité sur la pêche; par M. *de Mersan. Nouv. édition.* Un vol. in-8., avec figures et musique. 1815. 3 f.

Manuel abrégé de Chimie, ou Précis élémentaire de cette science, dans l'état actuel de nos connaissances; par M. Riffault, traducteur de la *Chimie* de Tompson, du *Dictionnaire de chimie* de Andrew Ure, etc. Un volume in-18 1825. 3 fr.

Manuel du Cuisinier et de la Cuisinière, à l'usage de la ville et de la campagne, contenant toutes les recettes les plus simples pour faire bonne chère avec économie, ainsi que les meilleurs procédés pour la pâtisserie et l'office; précédé d'un Traité sur la dissection des viandes, suivi de la manière de conserver les substances alimentaires, et d'un Traité sur les vins; par M. *Cardelli*, ancien chef d'office. *Troisième édition*. Un gros volume in-18, orné de figures. 1825. 2 fr. 50 c.

Manuel théorique et pratique des Garde-Malades, et des personnes qui veulent se soigner elles-mêmes, ou l'*Ami de la santé*, contenant un exposé clair et précis des soins à donner aux malades de tout genre, des attentions à apporter aux maladies de toute espèce, la manière de gouverner les femmes pendant leurs couches, les enfans au moment de la naissance, et généralement de ce qu'il importe le plus de connaître à tous ceux qui veulent se livrer au soulagement de l'humanité souffrante; par M. *Morin*, docteur en médecine. Un vol. in-18, 1824. 2 fr. 50 c.

Géographe manuel (*le Nouveau*), contenant la Description statistique et historique de toutes les parties du monde, leurs climats, leurs productions, leurs gouvernemens, le caractère de leurs habitans; la Description des principales villes, et leurs distances de Paris; les routes et distances de ces villes entre elles; une Notice sur les départemens de la France; leurs chefs-lieux; la Concordance des calendriers; une Notice sur les lettres de change, bons aux porteurs, billets à ordre, etc.; le Système métrique; la Concordance des mesures anciennes et nouvelles; les Changes et monnaies étrangères évaluées en francs et centimes; les hauteurs des lieux, les places les plus élevées du globe; les lieux

originaires des principales productions de la terre, etc.; ouvrage indispensable à tous les voyageurs, négocians, et utile à toutes les personnes qui veulent avoir une idée générale de la terre, de ses divisions, de ses produits et de son commerce; par *Alex. Devilliers;* 1 gros volume in-18 de plus de 400 pages, orné de 7 jolies cartes, 1825. 3 fr. 50 c.

Manuel complet, théorique et pratique, du Jardinier, ou l'Art de cultiver et de composer toutes sortes de Jardins; ouvrage divisé en deux parties: la première contient la culture des jardins potagers et fruitiers, et la seconde, la culture des fleurs, et tout ce qui a rapport aux jardins d'agrément, *dédié à M. Thouin*, ex-professeur de culture au Muséum d'histoire naturelle, membre de l'Institut, etc.; par M. *Bailly*, son élève. *Seconde édition*, revue, corrigée et considérablement augmentée; précédée de l'*Annuaire des travaux du Jardinier pour* 1825. Deux gros volumes in-18, de près de 900 pages, ornés de planches. 5 fr.

Il est le plus complet de ceux qui ont paru dans ce genre, et se fait remarquer par la modicité de son prix.

Manuel du Limonadier, du Confiseur et du Distillateur, contenant les meilleurs procédés pour préparer le café, le chocolat, le punch, les glaces, boissons rafraîchissantes, etc., etc.; par M. Cardelli; un gros vol. in-18, nouvelle édition, 1825. 2 fr. 50 c.

Manuel complet des Marchands de Bois et de Charbons, ou Traité de ce commerce en général, contenant tout ce qu'il est utile de savoir depuis l'ouverture des adjudications des coupes jusques et y compris l'arrivée et le débit des bois et charbons, ainsi que le précis des lois, ordonnances, règlemens, etc. sur cette matière; suivi de

nouveaux Tarifs pour le cubage et le mesurage des bois de toute espèce, en anciennes et nouvelles mesures; par M. *Marié de l'Isle*, ancien agent du flottage des bois. 1 v. in-18, 1825. 3 fr.

Manuel de Minéralogie, ou Traité élémentaire de cette science, d'après l'état actuel de nos connaissances; contenant la Description des Minéraux et leur classification, basées sur les découvertes les plus récentes; par M. *Blondeau*, membre de plusieurs Sociétés savantes. Un gros volume in-18. 1825. 3 fr.

Manuel du Naturaliste préparateur, ou l'Art d'empailler les animaux, et de conserver les Végétaux et les Minéraux; par M. Boitard, naturaliste. Un gros vol. in-18. 1825. 2 fr. 50 c.

Manuel du Parfumeur, contenant les moyens de confectionner les pâtes odorantes, les poudres de diverses sortes, les pommades, les savons de toilette, les eaux de senteur, les vinaigres, élixirs, etc.; et où se trouve indiqué un grand nombre de compositions nouvelles; par madame *Gacon-Dufour*. Un volume in-18, 1825. 2 fr. 50 c.

Manuel du Pâtissier et de la Pâtissière, à l'usage de la ville et de la campagne; contenant les moyens de composer toutes sortes de Pâtisseries, soit fortes, soit légères, ainsi que la conservation des viandes, des poissons, des fruits et légumes qui doivent y entrer; par madame Gacon-Dufour, auteur de divers ouvrages d'économie, d'arts et de sciences. Un vol. in-18. 1825. 2 fr. 50 c.

Manuel théorique et dratique du Peintre en bâtimens, du Doreur et du Vernisseur, ouvrage utile tant à ceux qui exercent ces arts qu'aux fabricans de couleurs, et à toutes les personnes qui voudraient décorer elles-mêmes leurs habitations, leurs appartemens, etc.; par M. J. Riffault. Un vol. in-18. 1825. 2 f. 50 c.

Manuel de Perspective, du Dessinateur et du Peintre, contenant les Elémens de géométrie indispensables au tracé de la perspective, la perspective linéaire et aérienne, et l'étude du dessin et de la peinture, spécialement appliquée au paysage; par M. *Vergnaud*, ancien élève de l'École Polytechnique. Un volume in-18, orné d'un grand nombre de planches, 1825. 3 fr.

Manuel de Physique, ou Élemens abrégés de cette science, mis à la portée des gens du monde et des étudians; contenant l'exposé complet et méthodique des propriétés générales des corps solides, liquides et aériformes, ainsi que des phénomènes du son; suivi de la nouvelle Théorie de la lumière dans le système dss ondulations, et de celle de l'électricité et du magnétisme réunis; par *C. Bailly*, élève de MM. Arago et Biot. Un vol. in-18. *Troisième édition*. 1824, orne de planches. 2 fr. 50 c.

Manuel du Praticien, ou Traité complet de la Science du droit mise à la portée de tout le monde, où sont présentées les instructions sur la manière de conduire toutes les affaires, tant civiles que judiciaires, commerciales et criminelles, qui peuvent se rencontrer dans le cours de la vie, avec les formules de tous les actes, et suivi d'un Dictionnaire administratif abrégé; par M. D....., avocat à la cour royale de Paris. Un gros volume in-18, de plus de 500 pages, 1825. 3 fr. 50 c.

Manuel complet, théorique et pratique, du Teinturier, comprenant l'art de teindre la laine, le coton, la soie, le fil, etc., ainsi que tout ce qui concerne l'art du teinturier dégraisseur, etc.; traité rédigé d'après les meilleurs ouvrages, et rendu d'une exécution facile pour toute personne qui désirerait s'occuper utilement de ces arts; par M. Riffault, ex-régisseur des poudres et salpêtres, etc., etc. Un gros volume in-18, 1825. 3 fr.

Manuel théorique et pratique du Vigneron français, ou l'Art de cultiver la vigne, de faire les vins, les eaux-de-vie et vinaigres, contenant les différentes espèces et variétés de la vigne, ses maladies et les moyens de les prévenir; les meilleurs procédés pour faire, gouverner, perfectionner et conserver les vins, les eaux-de-vie et vinaigres, ainsi que la manière de faire avec ces substances toutes les liqueurs, de gouverner une cave, mettre en bouteilles, etc., etc.; enfin de profiter avec avantage de tout ce qui nous vient de la vigne; suivi d'un coup d'œil sur les maladies particulières aux vignerons; par M. *Thiébaud de Berneaud*. Un gros vol. in-18, orné de planches, 1824. 3 fr.

Beaucoup d'autres traités faisant partie de la collection sont sous presse.

Extrait du Catalogue de ROBET, *libraire.*

L'Art de plaire et de fixer, ou Conseils aux femmes; par *Lami*. Un joli volume in-18, orné de gravures. 3 fr.

L'Art de choisir une femme et d'être heureux avec elle, où Conseils aux hommes à marier; par *Lami*. Un volume in-18, figure. 3 fr.

L'Art de conserver et d'augmenter la Beauté, de corriger et déguiser les imperfections de la nature; par *Lami*. Deux jolis volumes in-18, ornés de gravures. 6 fr.

Choix (nouveau) d'Anecdotes anciennes et modernes, tirées des meilleurs auteurs, contenant les faits les plus intéressans de l'histoire en général, les exploits des héros, traits d'esprit, saillies ingénieuses, bons mots, etc.; suivi d'un Précis sur la révolution française, par Bailly; *quatrième édition*, revue, corrigée et augmentée par

MM. *Durdent* et *Duval*; 4 vol. in-18, ornés de jolies vignettes, 1824. 7 fr.

Cours de Thèmes pour les quatrième, troisième et seconde classes, à l'usage des colléges; par M. Planche, professeur de rhétorique au collége royal de Bourbon; ouvrage recommandé pour les colléges par le conseil royal de l'Université. 1 v. in-12, 1824, cart. 1 fr. 50 c.

Epilepsie (de l') en général, et particulièrement de celle qui est déterminée par des causes morales; par M. *Doussin-Dubreuil.* 1 vol. in-12, deuxième édition, 1825. 3 fr.

Glaires (des), de leurs causes, de leurs effets, et des indications à remplir pour les combattre; *neuvième édition;* par M. *Doussin-Dubreuil*, in-8, 1824. 4 fr.

Nouveaux Aperçus sur les causes et les effets des glaires, par le même 1 vol. in-8. 2 fr.

De l'Emploi du remède contre les glaires, et Observations sur ses effets. 1 vol. in-8. 75 c.

Graissinet (M.), ou Qu'est-il donc? histoire comique, satirique et véridique, publiée par Duval. 4 vol. in-12. 1823. 10 fr.

Grammaire française (nouvelle), sur un plan très-méthodique, avec de nombreux exercices d'orthographe, de syntaxe et de ponctuation, tirés de nos meilleurs auteurs et distribués dans l'ordre des règles; par MM. *Noël* et *Chapsal*; ouvrage mis au nombre des livres classiques par le conseil royal de l'Université; *quatrième édition.* 2 vol. in-12, 1825. 3 fr.

Le premier volume contient la Grammaire, et le deuxième les Exercices.

Le Corrigé des exercices, par les mêmes. 1 volume in-12, 1824. 2 fr.

Grammaire française de Restaut, gros vol. in-12, 1821. 2 fr. 50 c.

Guide (nouveau) de la politesse, ouvrage critique et moral, par *Emeric; seconde édition*, 1822, un vol. in-8. 5 fr.

Lettres sur les dangers de l'onanisme, et Conseils relatifs au traitement des maladies qui en résultent, par *Doussin-Dubreuil*, 1 vol. in-12. 1 fr. 50 c.

Manuel des justices de paix, ou Traité des fonctions et des attributions des juges de paix, des greffiers et huissiers attachés à leur tribunal, avec les formules et modèles de tous les actes qui dépendent de leur ministère; par M. *Levasseur*, ancien jurisconsulte; *cinquième édition*, 1 gros vol. in-8, 1824. 7 fr.

Manuel complet des Maires, de leurs Adjoints et des com-

missaires de police, contenant, par ordre alphabétique, le Texte ou l'Analyse des Lois, Ordonnances, Règlemens et Instructions ministérielles, relatifs à leurs fonctions et à celles des membres des Conseils municipaux, des Officiers de Gendarmerie, des Bureaux de bienfaisance, des Commissions d'hospices, etc., avec les formules des Actes de leur compétence; par M. Ch. *Dumont*, ancien chef de division au Ministère de la justice; *huitième édition*, corrigée et considérablement augmentée. 2 vol. in-8, 1825. 13 fr.

Manuel raisonné des officiers de l'état civil, ou Recueil des lois, décrets, avis, décisions ministérielles, etc., etc., seconde édition; par *de la Fontenelle de Vaudoré*; 1 gros vol. in-12. 1813. 3 fr.

Pensées et Maximes de Fénélon, 1 vol in-18, portrait, 1821. 3 fr.

Pensées et Maximes de J.-J. Rousseau, 2 volumes in-18, portrait. 3 fr.

Pensées et Maximes de Voltaire, 2 vol. in-18, portr. 3 fr.

Pensées et Maximes de Bossuet, 2 volumes in-18. (*Sous presse.*) 3 fr.

Cette collection, que nous annonçons, aura ving-cinq vol. in-18. En présentant rassemblés dans un petit nombre de volumes, et dont le prix sera accessible pour toutes les classes de lecteurs, les principes, les opinions, en un mot, toutes les pensées des auteurs dont elle se composera, sur les nombreux sujets qu'ils ont traités, elle offrira une lecture facile et agréable.

Roman comique de Scarron, 4 volumes in-12, 1821. 8 fr.

Sermons du Père Lenfant, *prédicateur du roi Louis XVI*; 8 gros vol. in-12, ornés de son portrait. 28 fr.

Théorie des Signes, par l'abbé *Sicard*. *Deuxième edition*; 2 vol. in-8, 1823. 10 fr.

Traité sur la poudre la plus convenable aux armes à piston; procédés pour la faire à peu de frais et sans danger, ainsi que diverses préparations d'utilité et d'agrément dont ces poudres sont la base, comme briquets oxigénés, pétards, bonbons fulminans, etc.; par M. *C. F. Vergnaud* aîné. 1 vol. in-18, 1823. 75 c.

PARIS, IMPRIMERIE DE COSSON,
RUE SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS, N. 9.